onangan Manurung

encahayaan Alami dalam Arsitektur

Pencahayaan Alami dalam Arsitektur

Parmonangan Manurung

Penerbit ANDI Yogyakarta

Pencahayaan Alami dalam Arsitektur
Oleh: Parmonangan Manurung

Editor : Fl. Sigit Suyantoro
Setting : Sri Sulistiyani
Desain Cover : Bowo
Korektor : Putri Christian

Penerbit: C.V ANDI OFFSET (Penerbit ANDI)
Jl. Beo 38-40, Telp. (0274) 561881 (Hunting), Fax. (0274) 588282 Yogyakarta 55281

Percetakan: ANDI OFFSET
Jl. Beo 38-40, Telp. (0274) 561881 (Hunting), Fax. (0274) 588282 Yogyakarta 55281

Perpustakaan Nasional: Katalog dalam Terbitan (KDT)

Manurung, Parmonangan
Pencahayaan Alami dalam Arsitektur/
Parmonangan Manurung; – **Ed. I .** – Yogyakarta: ANDI,
21 20 19 18 17 16 15 14 13 12
xviii+174 hlm .; 16 x 23 Cm.
10 9 8 7 6 5 4 3 2 1
ISBN: 978 – 979 – 29 – 3135 – 8
I. Judul
1. Architecture
DDC'21 : 720

Special thanks to Dr. Nancy E. Chapman,
Dr. Betty Cernol-McCann, Ricky Cheng,
Anne Ofstedal, and Dr. Avron Boretz

I dedicate this book for my wife
Sari Irjayanti and my sons
Rhein Villareal and
Clarence Vincentio Davin

Prakata

Terbatasnya energi yang berasal dari fosil mendorong berbagai pihak untuk berbenah dan kembali memanfaatkan energi yang terbarukan. Banyak penelitian dilakukan untuk memanfaatkan berbagai sumber energi yang disediakan oleh alam. Cahaya matahari, gelombang air, hembusan angin, sampai pada pemanfaatan panas bumi dan energi yang berasal dari tumbuh-tumbuhan, telah banyak dicetuskan. Namun, pada kenyataannya, ketergantungan pada energi fosil masih belum dapat ditinggalkan.

Cahaya matahari merupakan salah satu sumber energi terbarukan yang sangat berlimpah di Indonesia. Sebagai negara yang melintang dari barat sampai ke timur di bawah garis katulistiwa, negara ini sangat kaya akan energi yang dihasilkan oleh matahari. Kondisi geografis ini pula yang membawa pada stabilnya cahaya matahari yang diterima seluruh wilayah di Indonesia sepanjang tahun. Hal ini tentu berbeda dengan negara yang memiliki empat musim.

Namun patut disayangkan bahwa energi matahari yang begitu melimpah itu terasa kurang dimanfaatkan. Ketergantungan pada energi fosil masih sangat tinggi. Cahaya matahari yang begitu melimpah sering kali malah 'ditolak' untuk masuk ke dalam bangunan. Konsekuensinya, cahaya buatan yang boros energi lebih banyak digunakan.

Cahaya matahari sesungguhnya bukan hanya bermanfaat dalam memberikan akses visual bagi indera penglihatan. Cahaya matahari juga bermanfaat bagi kesehatan manusia, karena mengandung vitamin D. Selain itu, tentu saja, cahaya matahari juga bermanfaat bagi lingkungan dan bagi keberlangsungannya.

Secara arsitektural, cahaya matahari dapat memberikan efek yang dramatis pada bangunan. Tidak hanya bagi interior bangunan, tetapi juga bagi eksterior bangunan. Permainan elemen geometri akan lebih dramatis dengan adaya cahaya. Di lain sisi, bayangan akan memperkuat kesan geometris dan kedalamam ruang.

Secara fungsional, cahaya matahari juga dapat membuat ruang lebih segar dan membunuh bakteri yang terdapat di dalam ruangan. Ruangan

yang memperoleh cahaya matahari terlihat lebih nyaman dan memberikan suasana yang nyaman pula.

Buku ini membahas pencahayaan alami pada siang hari yang bersumber pada cahaya matahari dan pantulan langit sebagai sumber cahaya (*daylight*). Pembahasan tidak hanya pada interior, namun juga pada eksterior bangunan dan elemen lain yang berpengaruh dan dipengaruhi oleh pencahayaan alami.

Proses perancangan arsitektur yang mempertimbangkan pemanfaatan cahaya alami tentu membutuhkan pertimbangan yang sangat matang. Perilaku cahaya matahari yang cenderung berubah (baik sudut cahaya, arah cahaya, maupun intensitas cahaya) merupakan tantangan yang harus diatasi dengan bijak.

Keputusan menentukan akses cahaya, baik jendela maupun bukaan lainnya, merupakan hal yang penting dan akan memengaruhi organisasi ruang, dimensi ruang serta desain ruang yang akan dihasilkan.

Dalam penulisan buku ini, penulis selalu berupaya menelusuri semua pemegang hak cipta dari seluruh materi yang digunakan di dalam buku ini, namun apabila ada kesalahan dan kelalaian yang terjadi tanpa disengaja, penulis memohon maaf yang sebesar-besarnya dan akan berupaya memperbaikinya. Berbagai masukan bagi kesempurnaan buku ini sangat diharapkan.

Kehadiran buku ini melibatkan banyak pihak. Untuk itu penulis tidak lupa mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada United Board atas kesempatan yang besar selama di Hong Kong dan Thailand, juga kepada Prof. Ho Puay Peng, Ketua Jurusan Arsitektur Chinese University of Hong Kong (CUHK), yang telah memberikan akses yang luas kepada penulis untuk mengakses berbagai fasilitas kampus CUHK selama empat bulan berada di Hong Kong. Juga kepada Dr. Enrique Oracion, Director Research and Development Center, Silliman University Philippines atas diskusinya yang menarik selama penulisan buku ini.

Tak lupa juga penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Penerbit Andi atas kerjasamanya dalam menyampaikan pemikiran ini kepada masyarakat. Juga kepada sahabat saya, Budi Sutedjo, yang selalu memberikan semangat kepada penulis untuk terus menulis.

Terima kasih yang sebesar-besarnya kepada kedua orang tua penulis, istri tercinta Sari Irjayanti, Rhein Villareal, dan Clarence Vincentio Davin yang telah kehilangan banyak waktu kebersamaan karena proses penulisan buku ini.

Parmonangan Manurung

Daftar Isi

Daftar Gambar

Daftar Tabel

1 Peran Pencahayaan Alami

Kehidupan makhluk hidup di muka bumi ini tidak dapat dipisahkan dari cahaya. Bukan hanya manusia, hewan dan tumbuh-tumbuhan pun membutuhkan cahaya. Cahaya berperan penting dalam penyampaian informasi visual sehingga dapat diakses oleh indera penglihatan dan kemudian disampaikan kepada otak untuk diolah menjadi sebuah keputusan. Manusia dan hewan sebagai makhluk hidup yang memiliki sekaligus mengandalkan penglihatan dalam melakukan aktivitasnya sangat membutuhkan bantuan cahaya. Tanpa cahaya, indera penglihatan tidak akan dapat berfungsi dengan baik. Manusia, hewan dan tumbuhan membutuhkan cahaya agar dapat tumbuh dan berkembang dengan baik.

Secara visual, keindahan alam dapat kita nikmati oleh karena adanya cahaya. Pegunungan, hempasan ombak di pantai, hutan cemara yang damai, burung-burung yang beterbangan, serta berbagai pemandangan lain, semua itu dapat menjadi indah karena mampu diakses secara visual oleh indera penglihatan oleh karena adanya cahaya.

Dalam arsitektur, cahaya juga memiliki pengaruh yang sangat vital. Pencahayaan memainkan peranan yang sangat penting dalam arsitektur, baik dalam menunjang fungsi ruang dan berlangsungnya berbagai kegiatan di dalam ruang, membentuk citra visual estetis, maupun menciptakan kenyamanan dan keamanan bagi para pengguna ruang.[1]

Pada bab ini akan dibahas peran pencahayaan matahari pada manusia dan lingkungan. Pembahasan tidak hanya pada sisi arsitektur, tetapi mencakup kebutuhan manusia akan cahaya matahari, terutama bagi kesehatan. Peran penting juga diberikan cahaya matahari pada lingkungan. Sebagai energi yang terbarukan, cahaya matahari dapat senantiasa digunakan sebagai sumber energi bagi kebutuhan dan aktivitas manusia. Energi yang berlimpah ini tentu dapat membantu manusia secara perlahan melepaskan diri dari ketergantungan terhadap energi fosil

[1] Manurung, Parmonangan, 2009, "Desain Pencahayaan Arsitektural", Penerbit Andi, Yogyakarta.

yang semakin terbatas. Lingkungan pun akan menjadi lebih baik karena gas buangan yang dihasilkan energi fosil dapat dikurangi.

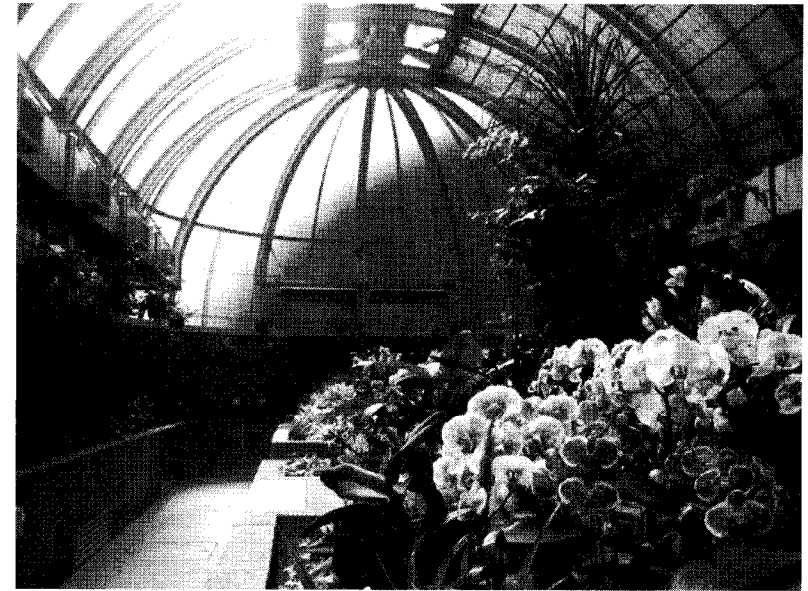
Bab ini membahas peran penting yang diberikan oleh cahaya alami dari berbagai sisi. Peran yang diberikan cahaya alami mencakup lingkup yang sangat luas, mulai dari lingkungan, manusia, serta arsitektur. Apabila dikaji lebih jauh, peran yang diberikan akan mencakup lebih banyak aspek lagi. Namun dalam bab ini pembahasan dibatasi pada peran cahaya alami terhadap lingkungan hidup, manusia, serta lingkungan binaan atau arsitektur. Ketiga hal ini terkait dengan pembahasan arsitektur pada umumnya, yang berpengaruh dan dipengaruhi oleh manusia sebagai pelaku kegiatan, serta lingkungan di mana sebuah karya arsitektur berada.

1.1 Peran Pencahayaan Alami pada Lingkungan

1.1.1 Cahaya Alami dan Lingkungan

Manusia dan lingkungan hidup tidak dapat dipisahkan dari kebutuhan akan cahaya alami, terutama cahaya yang dihasilkan oleh matahari. Dalam proses pertumbuhannya, manusia, hewan dan tumbuh-tumbuhan sangat membutuhkan cahaya matahari. Tanpa adanya cahaya matahari, pertumbuhan ketiganya tidak akan sempurna. Secara visual pun cahaya alami sangat dibutuhkan untuk memberikan informasi visual mengenai ketiganya.

Peran cahaya alami pada lingkungan sangatlah besar. Cahaya matahari membuat lingkungan dapat dirasakan dan dinikmati. Keindahan yang ada semakin nyata bukan saja karena kita dapat melihatnya tetapi juga karena cahaya matahari membuat lingkungan menjadi lebih nyaman. Berbagai elemen yang terdapat di lingkungan pun sangat bergantung pada cahaya matahari dalam proses pertumbuhannya. Hewan dan tumbuh-tumbuhan dapat tumbuh dengan bantuan cahaya matahari. Demikian juga dalam perkembangannya. Tumbuh-tumbuhan tidak akan dapat tumbuh dengan sempurna bila tanpa cahaya matahari. Di sisi lain, keindahannya tentu tidak akan dapat kita nikmati bila tidak ada cahaya matahari. Hewan yang memiliki indera penglihatan juga mengandalkan matahari agar dapat mengakses lingkungannya, untuk mencari makan guna mencukupi kebutuhan demi kehidupan dan perkembangannya. Pada Gambar 1.1 kita

dapat melihat aneka ragam anggrek yang tumbuh dengan indah dan segar karena adanya cahaya matahari yang disediakan dan dirancang pada bangunan tersebut. Rumah kaca tersebut terletak di Botanical and Zoological Garden di pusat kota Hong Kong. Walaupun berada di antara gedung-gedung pencakar langit, namun gedung itu tetap mampu menyediakan akses cahaya alami. Cahaya matahari yang dibutuhkan tumbuh-tumbuhan untuk pertumbuhan dan perkembangan tanaman di lokasi tersebut dapat diperoleh dengan baik.

Gambar 1.1 Tumbuhan dan cahaya alami. Keindahan bunga-bunga yang dihasilkan tumbuhan hanya dapat dirasakan dan dinikmati karena peran cahaya alami. Demikian pula dengan pertumbuhannya sehingga menghasilkan bunga yang sempurna.

Gambar 1.2 Ruang luar. Selain membuat keindahan ruang luar dapat dinikmati secara visual, cahaya matahari juga membuat suasana menjadi lebih nyaman dan hidup.

1.1.2 Mereduksi Energi Listrik

Isu lingkungan dan krisis energi dewasa ini semakin kerap diperbincangkan, di samping isu pemanasan global. Ketiga isu ini sesungguhnya saling terkait satu sama lain. Ketiga isu itu pula yang memacu berbagai pihak untuk berusaha melestarikan lingkungan, mengurangi emisi karbon, serta mencari berbagai energi alternatif yang dapat menggantikan peran dari energi fosil yang semakin terbatas ketersediaannya. Salah satu upaya dalam mewujudkan lingkungan yang baik adalah dengan mengurangi atau mereduksi pemakaian energi fosil. Salah satu langkah yang sederhana dan banyak dilakukan adalah dengan memanfaatkan sumber daya energi yang ada, di antaranya adalah cahaya matahari.

Selain memiliki peran penting pada lingkungan sebagaimana dibahas pada Subbab 1.1.1, cahaya alami juga dapat langsung berperan dalam menciptakan lingkungan yang berkelanjutan. Dengan memanfaatkan cahaya alami sebagai sumber penerangan pada bangunan, maka energi listrik yang biasa digunakan sebagai sumber tenaga bagi pencahayaan

artifisial akan dapat direduksi. Dengan berkurangnya penggunaan energi listrik yang bersumber dari penggunaan energi fosil yang tidak ramah lingkungan, maka upaya menciptakan lingkungan yang berkelanjutan sedikit banyak akan tercapai. Energi listrik yang berasal dari pembakaran energi fosil yang kerap kita konsumsi selalu menghasilkan gas buang yang berbahaya bagi lingkungan. Mengurangi pemakaiannya akan membantu upaya memperbaiki kualitas lingkungan.

Gambar 1.3 Mereduksi penggunaan energi listrik. Mengoptimalkan cahaya matahari sebagai sumber penerangan akan mengurangi penggunaan energi listrik.

Sesungguhnya pemanfaatan cahaya alami bagi pencahayaan bangunan bukanlah hal yang baru. Bangunan-bangunan tradisional yang dirancang oleh nenek moyang kita telah memanfaatkan sumber cahaya ini dengan sangat baik. Namun perkembangan teknologi pencahayaan buatan dan ketergantungan pada energi fosil telah membawa pada ketergantungan terhadap pencahayaan buatan. Kesadaran akan dampak lingkungan yang

terjadi terkait krisis energi dan pemanasan global telah membawa kita kembali memanfaatkan pencahayaan alami sebagai sumber cahaya bangunan, terutama pada pagi hingga sore hari.

Indonesia memiliki keuntungan yang sangat besar terkait kondisi geografis, di mana negara ini berada di bawah garis khatulistiwa. Posisi geografis ini berdampak pada ketersediaan cahaya matahari yang relatif stabil sepanjang tahun. Apabila potensi ini dimanfaatkan dengan baik maka akan sangat besar energi fosil yang dapat direduksi sehingga pencemaran lingkungan yang terjadi pun akan berkurang. Upaya yang terlihat sangat sederhana ini memiliki dampak yang sangat besar pada lingkungan.

Cahaya matahari sebagai sumber energi yang berlimpah mampu memberikan kontribusi pada kelestarian lingkungan. Namun, upaya ini membutuhkan kesadaran yang tinggi untuk mewujudkannya. Kesadaran akan pentingnya menjaga dan melestarikan lingkungan tidaklah mudah untuk dibangun. Untuk itu menjadi tanggung jawab bersama untuk membangun kepedulian lingkungan.

Memanfaatkan cahaya matahari sebagai sumber cahaya utama dengan menciptakan akses ke berbagai ruang dalam bangunan merupakan salah satu langkah yang sederhana namun memerlukan pertimbangan desain yang matang. Hal ini terkait dengan fungsi bangunan, kegiatan yang diakomodasinya, serta desain yang diwujudkan. Pertimbangan yang menyeluruh mutlak dilakukan pada setiap proses desain sehingga bangunan yang dihasilkan tidak saja ramah lingkungan, tetapi juga nyaman digunakan serta memiliki karakter dan identitas yang kuat.

Terkait dengan hal ini akan dibahas lebih jauh pada Bab 2 sampai Bab 5, dengan isu lingkungan dan kesadaran yang mendasarinya sebagai bagian yang sangat penting. Tanpa kesadaran terhadap lingkungan, seindah apapun desain sebuah bangunan, kehadirannya hanya akan memuaskan kebutuhan visual semata.

1.1.3 Menghasilkan Energi Listrik

Peran cahaya matahari terhadap lingkungan sangat besar dan luas. Cahaya matahari tidak hanya dapat digunakan secara langsung sebagai sumber penerangan bangunan, tetapi juga dapat diubah menjadi energi listrik. Cahaya matahari yang kita terima, selain menghasilkan cahaya

juga menghasilkan radiasi yang dapat diubah menjadi energi listrik. Kelebihan yang dimiliki cahaya matahari ini mampu memberikan dampak positif yang sangat besar pada lingkungan.

Matahari merupakan sumber energi yang terbarukan dan ramah lingkungan, berbeda dengan energi fosil yang sangat terbatas dan cenderung mencemari lingkungan melalui gas buang yang dihasilkannya.

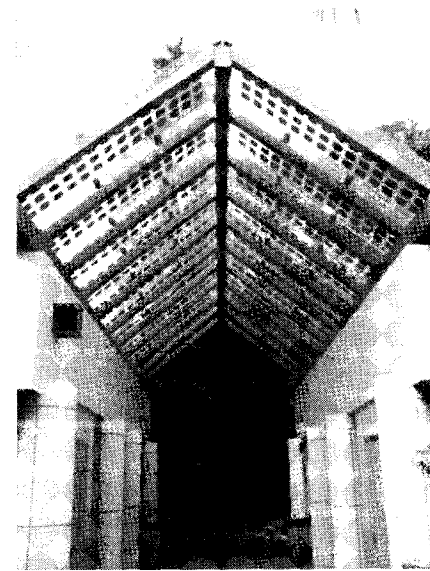
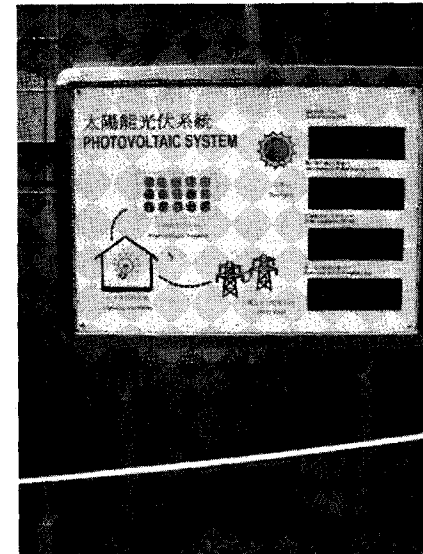
Mengubah cahaya matahari menjadi energi listrik bukanlah sebuah hal yang baru, bukan pula merupakan teknologi mutakhir. Namun ketergantungan yang tinggi pada energi fosil membuat teknologi tersebut kurang berkembang dan kurang diminati. Padahal energi yang dihasilkan oleh cahaya matahari merupakan energi yang tak terbatas dan sering disebut sebagai energi yang terbarukan (*renewable energy*). Indonesia, sebagai negara yang berada di bawah garis khatulistiwa, sesungguhnya memiliki sumber daya cahaya matahari yang berlimpah dan relatif stabil sepanjang tahunnya. Dengan hanya memiliki dua musim sepanjang tahun, Indonesia sangat potensial dalam mengoptimalkan cahaya matahari yang berlimpah. Hal yang tentu saja tidak dimiliki oleh negara yang memiliki empat musim, dan sangat terbatas aksesnya terhadap cahaya matahari.

Menggunakan cahaya matahari sebagai energi listrik sudah banyak dilakukan. Teknologi ini sesungguhnya tidak asing bagi kita, bahkan kita mungkin sering menggunakannya dalam kegiatan sehari-hari. Kalkulator, merupakan sebuah alat yang sering menggunakan sel surya sebagai sumber energinya. Pemanas air yang menggunakan sel surya pun sering kita temui di atap-atap bangunan, terutama rumah tinggal.

Sayangnya penggunaan dan perkembangan teknologi ini sangat terbatas dan lambat. Lebih banyak digunakan pada peralatan-peralatan dalam skala kecil. Hal ini sangat berbeda dengan apa yang dilakukan di negara-negara maju yang justru memiliki sumber daya cahaya matahari terbatas. Walau memiliki empat musim, yang berarti sangat terbatas dalam ketersediaan cahaya matahari, kesadaran negara-negara tersebut akan pentingnya sumber energi terbarukan sudah tinggi sehingga teknologi ini terus dikembangkan.

1.1.4 Photovoltaic

Perkembangan teknologi membawa pada terciptanya Photovoltaic (PV) yang dapat mengubah radiasi matahari (*solar radiation*) menjadi energi listrik. Photovoltaic memiliki perbedaan dengan panel surya (*solar panels*) yang menggunakan energi cahaya matahari.

Gambar 1.4 Aplikasi photovoltaic. Penggunaan photovoltaic di kampus Hong Kong Baptist University yang mengoptimalkan energi terbarukan dari radiasi cahaya matahari

Gambar 1.5 Photovoltaic. Panel photovoltaic pada atap toilet umum.

Gambar 1.6 Display. Informasi mengenai photovoltaic ditampilkan secara digital

Teknologi photovoltaic memang masih mahal untuk saat ini. Hal itu bisa jadi karena belum populer. Dengan semakin berkembangnya penggunaan teknologi maka akan membawanya kepada sebuah kebutuhan sehingga akan diproduksi secara massal dan berpengaruh pada penurunan harga jual. Sesungguhnya apabila dipertimbangkan dalam jangka panjang, terutama dengan berkurangnya biaya untuk pengadaan energi listrik yang masih bergantung pada energi fosil, serta dampak positifnya pada lingkungan, maka photovoltaic memiliki nilai yang sangat besar. Photovoltaic akan menjadi lebih murah apabila diintegrasikan dalam desain bangunan, dan dipertimbangkan sejak proses perancangan. Teknologi ini dapat berperan sebagai elemen penutup atap maupun kulit bangunan sehingga pengadaan material bagi keduanya dapat digantikankan oleh keberadaan photovoltaic.

Agar cahaya alami dapat masuk ke dalam bangunan, modul panel photovoltaic harus disesuaikan dengan bidang bukaan atau bidang transparan. Bentuk dan ukuran panel photovoltaic yang bervariasi memungkinkan kita merancang modul yang berbeda pada desain bangunan. Pertimbangan ini penting karena photovoltaic merupakan sumber energi listrik yang digunakan dalam bangunan, sedangkan pertimbangan akan masuknya cahaya alami ke dalam bangunan merupakan faktor lain yang sama pentingnya. Demikian juga halnya dengan estetika, sebagai pembentuk identitas dan karakter bangunan.

Perancang memiliki beberapa faktor penting yang akan memengaruhi hasil photovoltaic:[2]

1. Kemiringan
2. Azimuth
3. Bayangan
4. Temperatur

Mengacu pada keempat faktor tersebut maka perlu dilakukan sebuah pertimbangan yang tepat dalam desain. Faktor kemiringan dan bentuk atap dan fasade bangunan merupakan elemen yang sangat penting dalam aplikasi photovoltaic. Kedua bidang ini akan menjadi bagian di mana photovoltaic diletakkan. Pertimbangan meletakkan panel photovoltaic juga harus diikuti dengan pertimbangan masuknya cahaya alami, karena

[2] Thomas, Randall; Fordham, Max, 2001, "Photovoltaics and Architecture", Spon Press, London.

cahaya matahari tidak dapat masuk ke dalam ruangan melalui panel photovoltaic. Faktor bentuk dan desain bangunan serta layout ruangan di dalamnya pun tak dapat diabaikan, karena akan berpengaruh pada kenyamanan dan estetika bangunan.

Lokasi dan orientasi bangunan menjadi pertimbangan desain yang sangat penting dalam aplikasi photovoltaic. Faktor ini berkaitan erat dengan garis edar matahari dan akses pada ketersediaan cahaya matahari ke bangunan dan terutama menuju panel photovoltaic. Kesalahan dalam menentukan orientasi bangunan, terutama pada orientasi dan akses panel photovoltaic, akan menyebabkan hasil yang tidak optimal. Tingkat kepadatan bangunan, khususnya di perkotaan, kerap membuat kita tidak dapat menentukan orientasi bangunan secara leluasa. Akan tetapi setidaknya orientasi panel photovoltaic tetap mengarah pada garis edar matahari sehingga hasil yang didapatkan lebih optimal.

Pertimbangan dalam meletakkan panel photovoltaic juga harus memerhatikan area bayangan yang terjadi di lokasi. Apakah lokasi berada di lingkungan yang padat dan didominasi oleh bangunan-bangunan tinggi atau berada di lingkungan yang dipenuhi oleh pohon-pohon rimbun? Atau barangkali di daerah perbukitan? Lokasi yang seperti itu akan menciptakan area bayangan sehingga akses terhadap cahaya matahari terhalangi. Pertimbangan pemilihan lokasi menjadi faktor penting yang harus dilakukan di bagian awal, yaitu sebelum masuk pada desain bangunan.

Sementara itu suhu atau temperatur akan menjadi faktor berpengaruh lainnya. Namun temperatur merupakan faktor eksternal dan sangat tergantung pada lokasi di mana bangunan berada. Untuk itu, dalam upaya mendapatkan hasil yang optimal, pemilihan lokasi harus dipertimbangkan dengan matang terutama terkait dengan faktor bayangan dan temperatur.

Lebih jauh, menurut Thomas (2001), photovoltaic akan memberikan hasil yang baik apabila faktor-faktor kunci berikut diaplikasikan dengan baik:

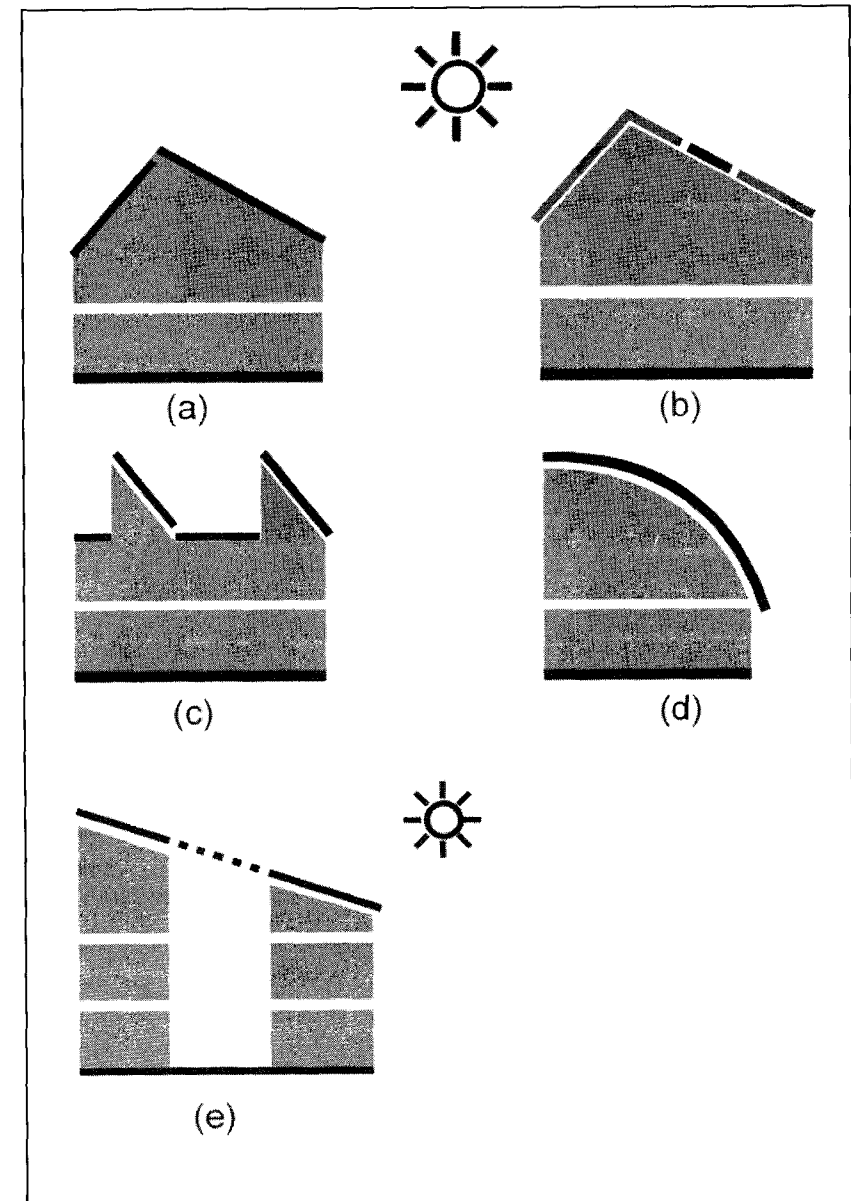
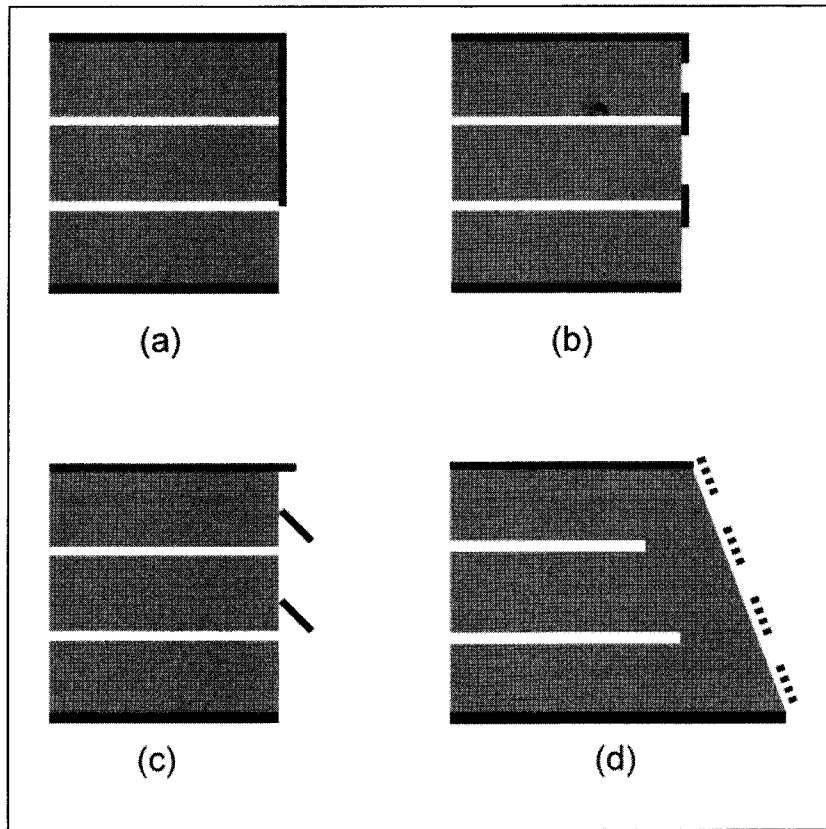
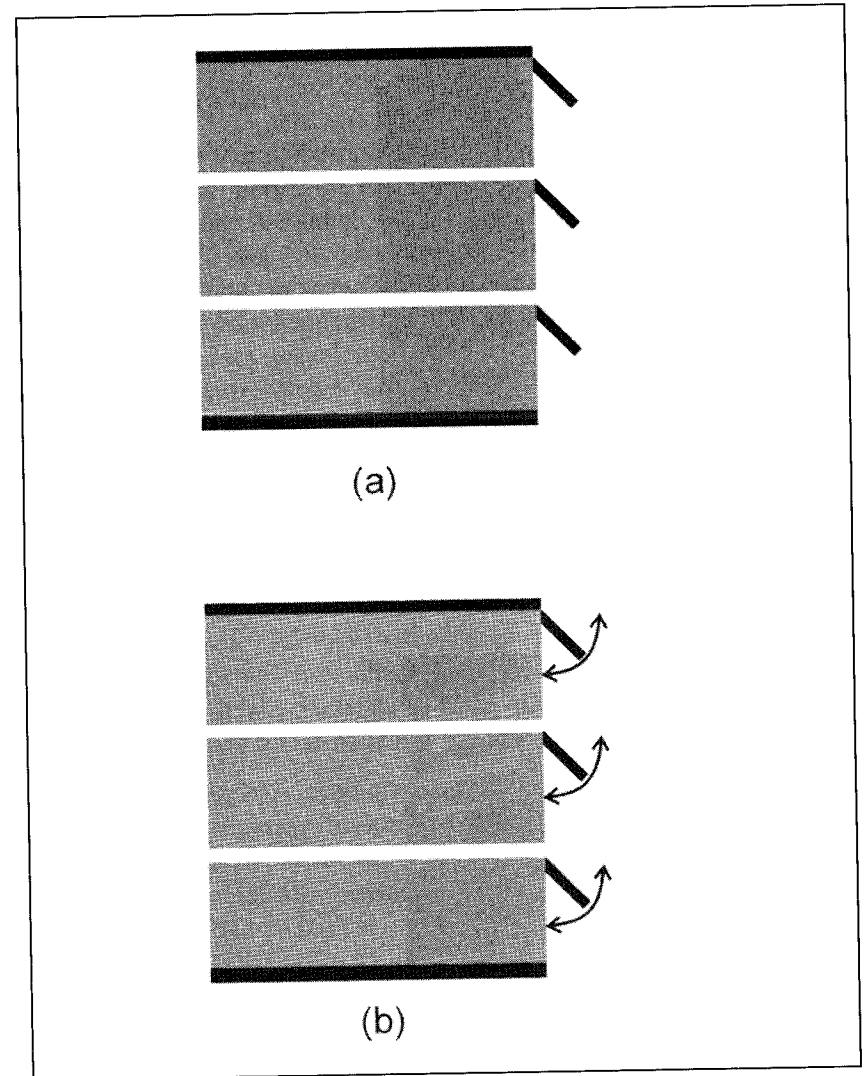
1. Lokasi
   Radiasi matahari pada site sangat penting dan bangunan pada site harus memiliki akses terhadap radiasi matahari.

2. Pemakaian
   Bangunan harus memiliki kebutuhan listrik sehingga hasil yang didapatkan melalui instalasi dapat digunakan di lokasi.

3. Desain
   Photovoltaic akan memengaruhi bentuk dan estetika. Masyarakat, klien, dan arsitek harus yakin dengan hasil yang akan didapatkan.

Terkait ketiga faktor tersebut, dalam aplikasinya, photovoltaic harus dipertimbangkan sejak tahap awal desain. Keberadaan photovoltaic pada bangunan tidak saja akan memengaruhi desain bangunan secara keseluruhan, tetapi juga akan memengaruhi struktur bangunan, material yang digunakan, tampilan bangunan, sampai pada sistem utilitas bangunan. Bahkan ruang yang terdapat pada bangunan pun akan mengalami perubahan, karena instalasi photovoltaic membutuhkan ruang tersendiri dalam operasionalnya.

Photovoltaic dapat diletakkan pada tiga elemen bangunan, yakni atap, fasade, serta sunscreen. Ketiga elemen yang merupakan kulit bangunan ini akan memberikan pengaruh secara visual, serta akses cahaya matahari ke dalam bangunan. Oleh sebab itu pertimbangan yang baik dan mendetail sangatlah dibutuhkan agar semua tujuan perancangan dapat tercapai dengan baik.

Tampilan bangunan yang akan terpengaruh oleh kehadiran photovoltaic harus menjadi pertimbangan utama mengingat akan memengaruhi karakter dan citra bangunan. Sementara sisi struktur mungkin bukanlah sebuah masalah yang besar, karena perkembangan sistem struktur dan teknologi bahan bangunan sudah sangat maju dan berkembang dengan pesat. Namun instalasi akan menjadi suatu permasalahan tersendiri yang harus diselesaikan sejak proses desain, karena akan memengaruhi kondisi ruang dan penataan ruang dalam, serta berpengaruh pula pada faktor kenyamanan dan keamanan bangunan.

Gambar 1.7 Aplikasi photovoltaic pada atap bangunan. (a). Atap miring; (b). Atap yang terintegrasi; (c). Atap gergaji sisi utara; (d). Atap/dinding lengkung; (e). Atrium.
Sumber: Thomas, R., Fordham, M. (2001)

Gambar 1.8 Aplikasi photovoltaic pada fasade bangunan. (a). Vertikal; (b). Vertikal dengan jendela; (c). Photovoltaic miring dengan jendela; (d). Dinding miring dengan jendela.
Sumber: Sumber: Thomas, R., Fordham, M. (2001)

Gambar 1.9 Aplikasi photovoltaic pada sunscreen. (a). Sunscreen permanen, (b). Sunscreen yang dapat digerakkan.
Sumber: Sumber: Thomas, R., Fordham, M. (2001)

Gambar 1.10 Photovoltaic pada atap. Penempatan photovoltaic pada atap bangunan.

Gambar 1.11 Photovoltaic pada sunscreen. Aplikasi photovoltaic yang sekaligus berperan sebagai sunscreen

1.2 Peran Pencahayaan Alami pada Manusia

Salah satu peran yang diberikan cahaya alami pada manusia adalah dalam hal kenyamanan. Peran ini diberikan tidak hanya di dalam bangunan, tetapi juga di luar bangunan. Setidaknya ada dua macam kenyamanan yang dipengaruhi oleh cahaya alami pada diri manusia, yaitu kenyamanan visual dan kenyamanan termal. Kenyamanan visual terkait dengan cahaya alami yang membantu manusia dalam mengakses informasi visual tanpa mengganggu indera visual manusia. Kondisi visual yang terlalu gelap karena kurangnya cahaya akan menciptakan ketidaknyamanan bagi indera visual. Ketidaknyamanan ini juga akan memengaruhi persepsi visual manusia terhadap lingkungan visualnya.

Sebaliknya, tingkat iluminasi yang berlebihan yang ditimbulkan oleh cahaya alami juga akan menimbulkan ketidaknyamanan pada indera visual. Tingginya tingkat iluminasi cahaya akan mengakibatkan silau dan berpengaruh pada kenyamanan visual, serta dapat berdampak negatif tidak hanya pada fisiologi, tetapi juga pada sisi psikologi manusia. Kekurangan maupun kelebihan cahaya akan membuat mata manusia menjadi cepat lelah. Kelelahan pada mata pun dapat menimbulkan berbagai efek yang buruk pada diri manusia.

Penerangan yang baik akan membantu kita mengerjakan pekerjaan dan membuat kita merasa nyaman ketika mengerjakannya. Walaupun terkesan sederhana, pernyataan ini merupakan tujuan dari *lighting design,* yaitu untuk menciptakan kenyamanan, suasana yang menyenangkan, dan ruang yang fungsional bagi setiap orang di dalamnya (Lam, 1977).

Pencahayaan yang sesuai dengan kebutuhan dan aktivitas yang dilakukan, baik di dalam ruangan maupun di luar ruangan, akan memberikan kenyamanan visual pada manusia. Kenyamanan visual yang tercipta itu tentu berdampak pada persepsi visual terhadap ruangan tersebut, serta berbagai objek visual yang berada di dalamnya. Persepsi visual, atau respons manusia terhadap kondisi visual yang diakses oleh indera visualnya, sangat dipengaruhi oleh cahaya karena cahayalah yang memungkinkan kita dapat mengakses informasi visual. Untuk itu, penting bagi kita untuk dapat memenuhi kebutuhan akan cahaya secara tepat dan sesuai dengan kebutuhan sebuah ruang, baik ruang dalam maupun ruang luar.

Menurut Steffy (2002), terdapat lima pengaruh yang terkait dengan pencahayaan, yaitu *visual clarity* (kejelasan visual), *spaciousness* (keluasan), *relaxation* (relaksasi), dan *privacy* (privasi).

1. Visual Clarity
   Visual clarity mengacu pada kemampuan pengguna (*users*) membedakan detail-detail arsitektur dan interior, perlengkapan serta objek lainnya. Untuk mengujinya dapat digunakan kata *clear* (jelas) melawan *hazy* (kabur).
2. Spaciousness
   Spaciousness mengacu pada persepsi pengguna terhadap volume ruang. Kurangnya pencahayaan pada sebuah ruang akan menciptakan pembatasan ruang. Kata-kata yang bisa digunakan untuk menguji kondisi visual sebuah ruang adalah *spacious* (luas) melawan *cramped* (sempit).
3. Preference
   Preference mengacu pada evaluasi pengguna secara keseluruhan terhadap pencahayaan ruang. Skala diferensial yang bisa digunakan adalah *like* (suka) melawan *dislike* (tidak suka)
4. Relaxation
   Relaxation mengacu pada derajat intensitas pekerjaan yang dirasakan pengguna. Pencahayaan yang tidak seragam (bervariasi) akan menciptakan perasaan santai. Sedangkan pencahayaan yang seragam dan memusat akan menumbuhkan perasaan tegang.
5. Intimacy
   Intimacy mengacu pada persepsi pengguna terhadap privasi atau keakraban sebuah ruang. Skala diferensial yang bisa digunakan adalah *privat* (privat) melawan *public* (umum).

Sedangkan kenyamanan termal lebih diakibatkan oleh energi panas yang menyertai cahaya matahari. Energi panas, baik yang secara langsung maupun tidak langsung masuk ke dalam ruangan akan mengakibatkan suhu ruangan meningkat. Panas yang terjebak di dalam ruangan akan mengenai tubuh manusia dan menciptakan ketidaknyamanan. Tanpa adanya pertimbangan desain yang matang dalam mereduksi panas yang ditimbulkan oleh cahaya matahari, serta kurangnya ventilasi udara akan membuat ruangan menjadi tidak nyaman. Namun, dalam kondisi lain energi panas juga merupakan kebutuhan dalam menciptakan ruang yang

hangat, terutama pada musim dingin. Dalam hal ini keputusan desain yang diambil harus benar-benar matang. Cahaya matahari yang senantiasa disertai oleh energi panas harus mampu dimaksimalkan sesuai dengan kebutuhan ruang dan kegiatan di dalamnya. Cahaya dapat dimasukkan ke dalam ruang sementara energi panasnya direduksi. Demikian pula sebaliknya, energi panas dapat dimasukkan tanpa disertai dengan cahaya. Terkait dengan kedua kenyamanan tersebut, kenyamanan visual dan kenyaman termal, pendekatan desain memegang peranan penting. Cahaya dan panas yang dihasilkan oleh matahari dapat dikelola dengan mereduksi, memantulkan, mengarahkan, maupun menggunakan pendekatan lain.

Dengan desain yang tepat dan pemilihan material yang sesuai maka kenyamanan visual dan termal sebuah ruangan dapat tercipta. Kenyamanan visual dan termal itu tentu akan berpengaruh pada orang-orang yang melakukan berbagai aktivitas di dalam ruangan itu.

Faktor kenyamanan bukan satu-satunya peran yang diberikan oleh cahaya alami pada manusia. Cahaya alami yang dihasilkan oleh matahari juga berpengaruh pada tubuh manusia dan berperan dalam menjaga kesehatan manusia. Menurut Boubekri (2008), cahaya memengaruhi tubuh manusia dalam dua cara. Pertama, cahaya mengenai retina mata, melalui sistem penglihatan yang kemudian memengaruhi sistem metabolisme dan sistem kelenjar endokrin dan hormon. Yang kedua, melalui interaksi pada kulit dengan cara fotosintesis dan produksi vitamin D.

Cahaya merupakan elemen penting bagi indera visual kita, dan setiap informasi visual yang diakses oleh mata akan diproses oleh otak. Dalam proses inilah cahaya memengaruhi tubuh kita, baik secara langsung maupun tidak. Salah satu bagian dalam otak kita yang disebut *hypothalamus* memiliki tanggung jawab dalam beberapa proses metabolisme, serta dalam kegiatan sehari-hari sebagai energi dan keseimbangan cairan tubuh, pernafasan, keseimbangan emosi, reproduksi, serta siklus sirkadian.

Kurangnya akses terhadap cahaya alami, menurut para ahli, dapat menyebabkan depresi dan stres. Hal ini terkait dengan peran cahaya alami sebagai katalisator bagi keluarnya beberapa jenis hormon. Kekurangan cahaya alami akan mengurangi jumlah hormon tersebut yang pada gilirannya akan menyebabkan depresi dan stres.

Sementara itu, menurut Boubekri, vitamin D berperan vital bagi tubuh kita, merupakan pertahanan pertama dalam melawan penyakit seperti kanker, osteoporosis, diabetes, skelorasa, dan sistem kekebalan tubuh yang lain. Kita hanya membutuhkan waktu 15-30 menit sehari untuk berada di luar ruangan untuk mendapatkan cahaya matahari, tiga sampai empat kali dalam seminggu untuk mendapatkan jumlah vitamin D yang mencukupi, di mana kebutuhannya berkisar antara 120 dan 150 nanomole per liter darah.

Dengan mengetahui peran penting cahaya alami bagi tubuh dan kesehatan, serta bagi kenyamanan dan faktor psikologi setiap manusia, maka akses terhadap cahaya matahari harus disediakan. Hal ini menjadi permasalahan penting karena sebagian besar waktu kita dihabiskan di dalam ruangan. Sejak anak-anak sampai usia dewasa, kita lebih banyak melakukan berbagai kegiatan di dalam ruangan. Terlebih lagi kegiatan belajar di dalam kelas maupun bekerja di kantor. Dalam hal ini sangat penting untuk mempertimbangkan desain ruang-ruang tersebut agar akses terhadap cahaya matahari tetap dapat diperoleh. Pemilihan material juga penting karena beberapa material mengurangi kualitas cahaya matahari yang diterima tubuh.

Kenyamanan dan kesehatan manusia sangat penting, namun kegiatan sehari-hari tetap harus dapat berjalan dengan baik. Berbagai kegiatan di dalam ruang harus menjadi bagian dalam menentukan arah dan akses cahaya matahari agar kesehatan dan kenyamanan manusia tetap tercapai.

Gambar 1.12 Membuat ruangan menjadi lebih nyaman. Cahaya alami yang masuk ke dalam ruangan tidak saja mendukung secara visual, tetapi juga akan membuat ruangan menjadi lebih nyaman dan segar, hal yang penting bagi kesehatan manusia.

1.3 Peran Pencahayaan Alami pada Arsitektur

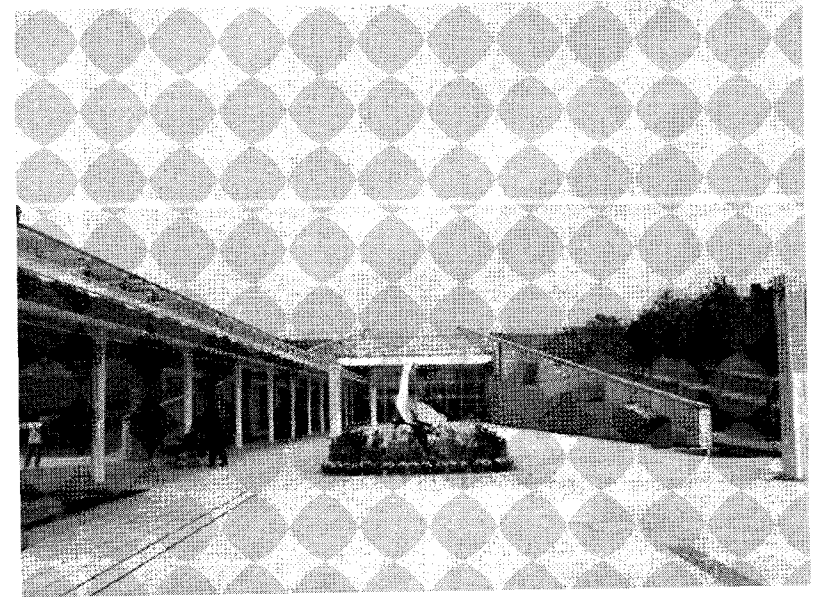
Secara visual pencahayaan alami membuat arsitektur, sebagai sebuah karya visual, dapat dinikmati. Permainan geometri dalam menghasilkan komposisi bangunan, baik secara bentuk maupun ruang, bahkan sampai pada permainan detail arsitektural dan struktural, hanya dapat dinikmati secara visual ketika terdapat cahaya yang memadai. Secara lebih mendalam pembahasan mengenai arsitektur dan cahaya alami akan dibahas pada Bab 2.

Secara umum, cahaya alami memiliki peran yang sangat penting pada arsitektur, dan membuat arsitektur menjadi lebih bermakna. Arsitektur hadir bukan saja untuk memenuhi kepuasan visual, namun juga memiliki tujuan lebih jauh, yaitu melayani aktivitas. Dalam mendukung tujuan ini pun, arsitektur sangat membutuhkan peran pencahayaan alami.

Cahaya alami yang masuk ke dalam bangunan membuat manusia memiliki interaksi dengan ruang luar. Hubungan dengan ruang luar merupakan hal yang sangat penting karena akan memberikan rasa nyaman dan aman. Berada di dalam sebuah ruangan tanpa mengetahui posisi kita terhadap ruang luar, atau dengan kata lain tidak memiliki orientasi terhadap ruang luar, akan membuat kita merasa tidak nyaman dan juga tidak aman, terutama ketika membayangkan akan terjadi sesuatu pada bangunan di mana kita berada. Dalam konteks ini, cahaya alami memberikan orientasi walaupun kita sedang berada di dalam sebuah bangunan.

Cahaya alami yang masuk ke dalam ruangan juga membuat ruangan menjadi lebih atraktif dan menarik. Ruangan akan terasa lebih hangat sehingga aktivitas di dalamnya dapat berjalan lebih baik. Sebagaimana telah dibahas pada subbab sebelumnya, cahaya alami memiliki peran penting bagi manusia, termasuk bagi kesehatan. Karena aktivitas manusia banyak dilakukan di dalam ruangan, tugas arsitekturlah untuk memberikan akses cahaya alami ke dalam setiap ruangan sesuai dengan kebutuhannya.

Kualitas cahaya yang baik yang dihasilkan cahaya matahari mampu menciptakan kondisi interior bangunan menjadi lebih baik. Desain interior akan terasa semakin kuat, demikian pula halnya dengan elemen-

elemen yang terdapat di dalamnya. Furnitur sebagai bagian penting dari sebuah desain interior akan terlihat lebih baik dengan adanya cahaya matahari yang masuk ke dalam ruangan. Terlebih bagi furnitur yang terbuat dari material alami seperti kayu, bambu maupun rotan. Cahaya alami akan mempertegas kesan natural di dalam ruangan.

Gambar 1.13 Cahaya alami dan eksterior. Cahaya alami berperan dalam menerjemahkan bentuk dan geometri bangunan, serta memperkuat kesan visual pada lanskap.

Arsitektur dengan berbagai komponen pembentuknya, serta berbagai tujuan yang ingin dicapainya, membutuhkan cahaya alami untuk mewujudkan semuanya. Kebutuhan informasi visual baik dalam menerjemahkan bentuk maupun menjalankan aktivitas menjadi salah satu alasan akan pentingnya pencahayaan alami bagi bangunan. Tidak saja bagi ruang dalam tetapi juga bagi ruang luar. Penataan lanskap, sebagai bagian dari arsitektur, juga membutuhkan pencahayaan alami, baik agar dapat dinikmati secara visual maupun dalam rangka pertumbuhan elemen-elemen di dalamnya, terutama elemen vegetasi. Manusia sebagai pelaku kegiatan di dalam sebuah bangunan tidak saja membutuhkan peran cahaya alami sebagai penerjemah informasi visual, namun juga

dalam menciptakan *mood*, agar aktivitas dapat berjalan baik. Dari segi kesehatan pun pencahayaan alami merupakan bagian penting bagi manusia, yang juga harus dipertimbangkan dalam setiap desain arsitektur.

Gambar 1.14 Cahaya alami dan interior. Cahaya alami tidak saja berperan mendefinisikan ruang, tetapi juga menciptakan interaksi antara ruang dalam dan ruang luar, serta menciptakan kenyamanan.

2 CAHAYA ALAMI DAN ARSITEKTUR

"A room is not a room without natural light. Natural light gives the time of day and the mood of the seasons to enter"

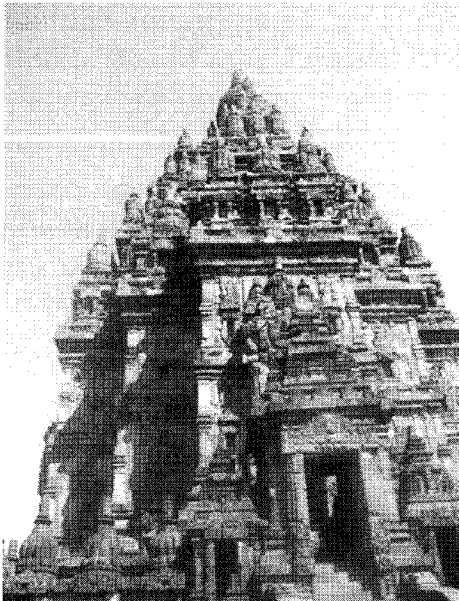
(Louis Kahn)

Jauh sebelum Thomas A. Edison menciptakan lampu, manusia memiliki ketergantungan yang sangat besar pada cahaya alami, baik pada siang hari dan terlebih pada malam hari. Hal ini pula yang membuat peradaban pada saat itu sangat memuja sumber-sumber cahaya, seperti matahari, bintang maupun bulan yang memantulkan cahaya matahari ke bumi pada malam hari.

Manusia memang tidak dapat lepas dari cahaya alami, bukan semata-mata karena kebutuhan visual, namun juga karena cahaya alami mampu memberikan atmosfer yang sangat berbeda. Cahaya selalu identik dengan kehangatan, karena cahaya seringkali juga disertai oleh temperatur yang lebih tinggi oleh karena energi yang menyertai kehadirannya.

Oleh karena itu cahaya menjadi elemen yang tak terpisahkan dari sebuah karya arsitektur. Sejak manusia tinggal di gua, cahaya telah menjadi bagian penting dari peradaban. Terlebih ketika manusia telah mampu membuat bangunan sebagai tempat tinggal, cahaya menjadi sangat penting. Ada banyak alasan yang mendasari, yang terutama tentu saja terkait dengan aktivitas. Manusia lebih mudah beraktivitas ketika ada sumber cahaya yang membuat manusia mampu menerima dan mengakses informasi visual. Dengan mengenal dan memahami kondisi ruang di sekitar kita maka kita dapat melakukan berbagai aktivitas. Kondisi ini membawa cahaya pada perannya secara fungsional. Di sisi lain, cahaya juga berperan dalam memberikan akses visual pada informasi yang diberikan sebuah karya arsitektur, serta mampu memberikan aksentuasi sehingga permainan geometri terasa semakin kuat. Dengan demikian

cahaya tidak saja berperan secara fungsional, tetapi juga dalam hal estetika.

Pada siang hari, dengan peran besar yang diberikan oleh cahaya matahari, kita mampu mengakses sebuah karya arsitektur dengan baik. Kehadiran bayangan akibat cahaya yang menimpa geometri membuat sebuah karya arsitektural semakin tampak dramatis dalam ruang visual.

Gambar 2.1 Kesan tiga dimensional candi Siwa di komplek candi Prambanan yang dibentuk oleh susun batu, dapat dinikmati dengan adanya cahaya matahari.

Kita dapat melihat candi Borobudur dan candi Prambanan yang semakin tegas kesan tiga dimensionalnya ketika cahaya matahari menerpa. Mempertegas geometri yang dibentuk oleh susunan batu, serta menghasilkan bayangan satu di atas yang lain. Demikian juga halnya dengan candi-candi lain yang ada di tanah air. Tidak hanya tergantung pada cahaya matahari, ketika bulan purnama pun, kesan tiga dimensional tersebut sangat kuat. Hal ini menunjukkan bahwa nenek moyang kita telah membuat desain bangunan dengan mempertimbangkan cahaya sebagai bagian yang tak terpisahkan di dalamnya.

Bab ini membahas hubungan antara cahaya alami dengan arsitektur, sebuah hubungan tak terpisahkan, karena arsitektur selain merupakan sebuah karya visual, juga tak terlepas dari penciptaan ruang yang

berperan dalam mengakomodasi berbagai hal. Untuk itu, pembahasan akan diawali dengan peran pencahayaan alami pada aktivitas yang diwadahi, dan dilanjutkan pada pembahasan mengenai geometri, ruang, serta atmosfer yang terbentuk.

2.1 Mengakomodasi Aktivitas

Salah satu peran arsitektur adalah mewadahi aktivitas. Untuk peran inilah arsitektur dihadirkan. Hal ini pula yang membedakan arsitektur dengan sebuah karya seni, di mana estetika menjadi hal yang lebih utama di atas fungsi.

Sebuah rumah tinggal, misalnya, dirancang untuk mampu mewadahi berbagai kegiatan penghuni atau pemiliknya. Karena peran sebuah rumah tinggal dalam mengakomodasi aktivitas berlangsung selama dua puluh empat jam sehari, tujuh hari seminggu. Dengan kata lain, sebuah rumah tinggal harus melayani aktivitas di dalamnya untuk selama-lamanya, terus-menerus. Dengan demikian rumah tinggal harus mampu menjalankan fungsinya dengan baik.

Berbeda halnya dengan sebuah rumah tinggal, kantor memiliki waktu yang relatif lebih pendek dalam melayani aktivitas. Demikian pula dengan organisasi ruang yang ada, serta berbagai sistem pendukungnya pun akan berbeda. Secara reguler, sebuah kantor berfungsi selama delapan sampai sepuluh jam dalam satu hari, serta lima sampai enam hari dalam satu minggu. Perbedaan durasi dalam berlangsungnya aktivitas tersebut akan menciptakan perbedaan pada sisi desain antara kantor dan rumah tinggal.

Berbicara mengenai durasi waktu dalam mewadahi aktivitas secara reguler, sebuah rumah ibadah seperti gereja, dapat menjadi contoh lain. Secara umum, sebuah gedung gereja akan melayani aktivitas satu kali dalam seminggu (tentu saja di luar pemanfaatannya untuk kegiatan pendukung yang lain). Tentu hal ini juga akan berpengaruh pada desain dan sistem di dalamnya, sebagaimana halnya dengan rumah tinggal dan kantor.

Seperti halnya rumah tinggal, kantor, dan gereja, yang masing-masing memiliki peran dalam mengakomodasi aktivitas, demikian pula halnya dengan bangunan lain. Setiap bangunan akan memiliki fungsi tertentu

dan kebutuhan desain akan berorientasi pada fungsi agar setiap aktivitas yang ada dapat berjalan dengan baik. Dalam menunjang kegiatan yang diwadahinya, bangunan membutuhkan bantuan cahaya. Cahaya memungkinkan kegiatan-kegiatan tersebut dapat berjalan dengan baik. Tanpa cahaya, yang terjadi adalah hilangnya kemampuan untuk mengakses informasi visual. Hal ini juga berarti kita tidak memiliki informasi tentang ruang di mana kita berada, baik elemen pembentuk ruang, luasan atau dimensi ruang, volume ruang, serta berbagai elemen yang ada di dalam ruang. Tanpa informasi-informasi tersebut kita tidak dapat melakukan aktivitas dengan baik, bahkan beberapa aktivitas tidak dapat dilakukan sama sekali.

Kita bayangkan memasuki sebuah ruang kantor yang gelap gulita tanpa cahaya. Kita akan dapat menyimpulkan bahwa kita tidak dapat melakukan kegiatan di dalam ruang tersebut. Atau, ketika pada malam hari sedang duduk santai dan bercengkrama bersama keluarga di ruang keluarga, kemudian tiba-tiba terjadi pemadaman listrik, maka tidak banyak yang dapat kita lakukan sebelum mendapat cahaya yang lain. Hal ini menunjukkan pengaruh yang besar dari cahaya pada aktivitas atau fungsi sebuah ruang.

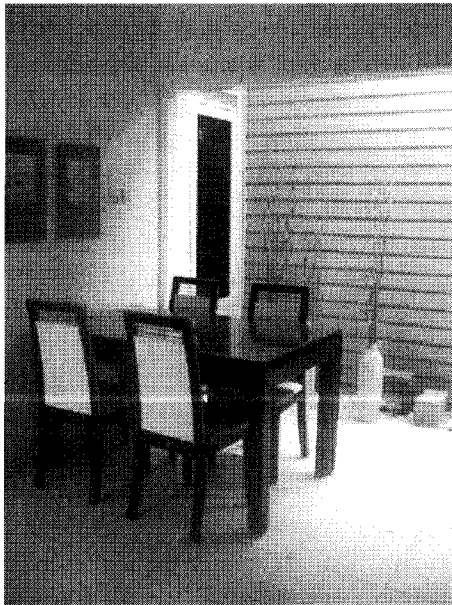
Pada subbab ini kita akan mencoba melihat peran pencahayaan alami pada beberapa fungsi bangunan dan pengaruhnya terhadap aktivitas yang terjadi di dalamnya. Kita akan mencoba memahami bagaimana pencahayaan alami dihadirkan sebagai sebuah bagian yang tak terpisahkan dalam sebuah karya arsitektur. Hal ini penting karena adanya ketergantungan aktivitas pada cahaya. Tanpa mempertimbangkan cahaya alami sejak awal proses perancangan arsitektur, cahaya yang masuk tidak akan mampu menunjang fungsi bangunan secara maksimal. Pada gilirannya kita hanya akan kembali mengandalkan pencahayaan buatan, meski cahaya alami tersedia melimpah-ruah.

2.1.1 Rumah Tinggal

Cahaya matahari yang dibutuhkan sebuah rumah tinggal bukan semata-mata untuk memenuhi kebutuhan visual, tetapi lebih dari itu. Selain kebutuhan akan informasi visual, cahaya matahari juga dibutuhkan untuk terciptanya ruangan yang sehat. Sebuah ruangan harus mampu memberikan udara bersih, bebas dari kuman dan bakteri, serta mampu mencukupi kebutuhan akan vitamin D. Hal itu menjadikan cahaya

matahari memiliki peran sangat penting dalam sebuah bangunan yang disebut rumah tinggal, sebuah bangunan di mana kita menghabiskan sebagian besar dari waktu kita setiap harinya.

Secara umum, sebuah rumah tinggal memiliki kebutuhan ruang yang relatif sama satu dengan yang lain. Baik sebuah rumah sangat sederhana, maupun sebuah rumah yang super mewah, aktivitas yang diakomodasi keduanya tidaklah berbeda. Perbedaan yang ada lebih pada spesifikasi kegiatan, kebutuhan luasan dan volume ruang, serta berbagai furnitur dan peralatan yang ada di dalamnya. Kegiatan sehari-hari yang terjadi seperti bersosialisasi, berkumpul, makan, tidur dan MCK, telah menghasilkan ruang-ruang yang bertugas mengakomodasi seluruh kegiatan tersebut. Pembagian ruang pun dilakukan dalam mewadahi aktivitas-aktivitas tersebut, sehingga tercipta beberapa ruang seperti ruang tamu, ruang keluarga, ruang makan, ruang tidur, serta kamar mandi/wc.

Ruang-ruang tersebut disusun berdasarkan kebutuhan akan kedekatan dan akses antara satu ruang dengan ruang lain. Beberapa juga ditempatkan sesuai kebutuhan akan privasi. Ruang-ruang tersebut kerapkali juga diatur dan dirancang sesuai kebutuhan dan keinginan yang lebih spesifik dari penghuninya. Hal ini tak jarang justru membawa proses perancangan jadi mengabaikan beberapa faktor penting semisal pencahayaan alami. Padahal pencahayaan alami merupakan elemen penting dalam perancangan sebuah rumah. Keinginan akan bentuk jendela, misalnya, seringkali lebih berorientasi pada selera, sehingga bentuk dan penempatannya mengabaikan arah datang dan sudut cahaya matahari. Untuk itulah dibutuhkan pertimbangan yang menyeluruh dalam proses perancangan sebuah rumah, baik kebutuhan fungsional, estetika, faktor kesehatan, kenyamanan, keamanan, sampai pada pertimbangan dalam menghasilkan sebuah rumah yang hemat energi.

Gambar 2.2 Cahaya alami pada rumah tinggal menciptakan hubungan dengan ruang luar sekaligus menciptakan kenyamanan.

Faktor lokasi menjadi salah satu hal yang memengaruhi desain rumah tinggal dalam kaitannya dengan optimasi cahaya matahari yang masuk. Lingkungan perkotaan yang padat dengan lingkungan desa yang relatif lebih lega tentu memberikan dampak yang berbeda dalam desain. Namun demikian itu bukan berarti kendala dalam memasukkan cahaya matahari, mengingat kebutuhan tersebut sangat penting.

Secara umum, Indonesia memiliki keuntungan karena letaknya yang dilalui garis khatulistiwa. Keberadaan wilayahnya yang membujur dari barat ke timur membuat kita dapat mengakses cahaya matahari dengan kondisi dan intensitas yang relatif sama setiap hari dari tahun ke tahun. Ini sangat berbeda dengan negara-negara yang memiliki empat musim. Di sana cahaya matahari hanya didapatkan secara maksimal pada saat-saat tertentu. Keuntungan ini sering kita abaikan. Desain rumah tinggal kerap kali tidak dipertimbangkan untuk secara maksimal memanfaatkan energi dan cahaya matahari untuk menjadi bagian yang holistik. Pada gilirannya kita lebih mengandalkan cahaya buatan, bahkan pada siang hari sekalipun. Rumah-rumah tradisional di belahan nusantara justru terlihat sangat arif dalam merespons dan memanfaatkan cahaya matahari. Ini terlihat dari desain rumah yang ramping yang memungkinkan cahaya

matahari masuk ke dalam bangunan dengan baik. Orientasi rumah juga dipertimbangkan dengan matang sehingga ruang tidur bisa mendapatkan cahaya matahari pagi.

Gambar 2.3 Bangunan yang ramping memungkinkan cahaya masuk dengan baik ke dalam bangunan.

Orientasi rumah sangatlah penting. Dengan menghadap ke utara, kita dapat menempatkan ruang tidur menghadap ke timur, dan ruang lain yang tidak terlalu membutuhkan cahaya matahari pagi di bagian barat. Namun tingkat kepadatan lingkungan perkotaan dan tingginya harga tanah, membuat kita tidak dengan mudah mendapatkan lokasi yang sesuai. Akan tetapi bukan juga berarti kita tidak dapat mengoptimalkan cahaya matahari untuk masuk ke dalam rumah. Kita dapat memasukkan cahaya matahari dari berbagai sisi rumah, baik dari depan, samping, maupun belakang. Pertanyaannya, bagaimana bila rumah kita berada di lokasi yang padat, sehingga kita hanya memiliki sisi terbuka pada bagian depan? Untuk ini, kita juga dapat memasukkan cahaya matahari dari atas, atau merancang bentuk rumah sehingga tetap dapat memasukkan cahaya matahari dari berbagai sisi (lihat Bab 3.3.2).

Yang terpenting dalam desain rumah tinggal maupun apartemen adalah tetap mempertimbangkan cahaya alami. Pertimbangkan dan putuskan ruang-ruang mana yang membutuhkan cahaya matahari pagi secara

langsung, ruang mana yang tidak terlalu membutuhkan cahaya langsung, dan seterusnya. Pertimbangan ini akan membuat kita tetap mempertimbangkan hubungan antarruang dan akses yang mudah. Ruang tidur tentu membutuhkan cahaya matahari karena kita beristirahat dan melalui proses peremajaan sel-sel tubuh saat tidur di dalamnya. Dapur pun membutuhkan cahaya matahari agar tetap sehat dan segar, karena makanan yang kita konsumsi diproses di ruangan ini. Demikian halnya dengan kamar mandi/wc, sebagai ruang utilitas tentulah membutuhkan akses langsung cahaya matahari, agar kuman-kuman dan bakteri tidak berkembang biak di dalamnya.

2.1.2 Kantor

Kantor memiliki beragam tipe dan spesifikasi masing-masing. Namun secara umum kantor memiliki kesamaan dalam hal organisasi ruang, dimensi, serta kebutuhan ruang dalam mengakomodasi aktivitas. Demikian juga dengan waktu beroperasinya. Kebanyakan kantor, terutama di kota-kota besar, memiliki lima hari kerja, masing-masing ruangan diisi selama delapan sampai sepuluh jam kerja dalam satu hari. Sementara kantor lainnya memiliki waktu lebih pendek dalam satu hari namun beroperasi selama enam hari dalam seminggu. Waktu operasional ini tentu dipertimbangkan demi efektivitas kerja dan tenaga manusia yang lebih optimal sejak pagi sampai sore hari. Hal lain yang memengaruhi adalah waktu edar matahari, di mana pada pagi sampai sore hari cahaya matahari masih tersedia dan ini sangat memengaruhi kinerja manusia.

Di dalam sebuah kantor terdapat aktivitas yang sama, yaitu 'bekerja'. Perbedaannya terletak pada jenis pekerjaan yang dilakukan, cara melakukan, serta kebutuhan-kebutuhan lain dalam proses pekerjaan tersebut. Perbedaan-perbedaan inilah yang harus diakomodasi oleh sebuah desain.

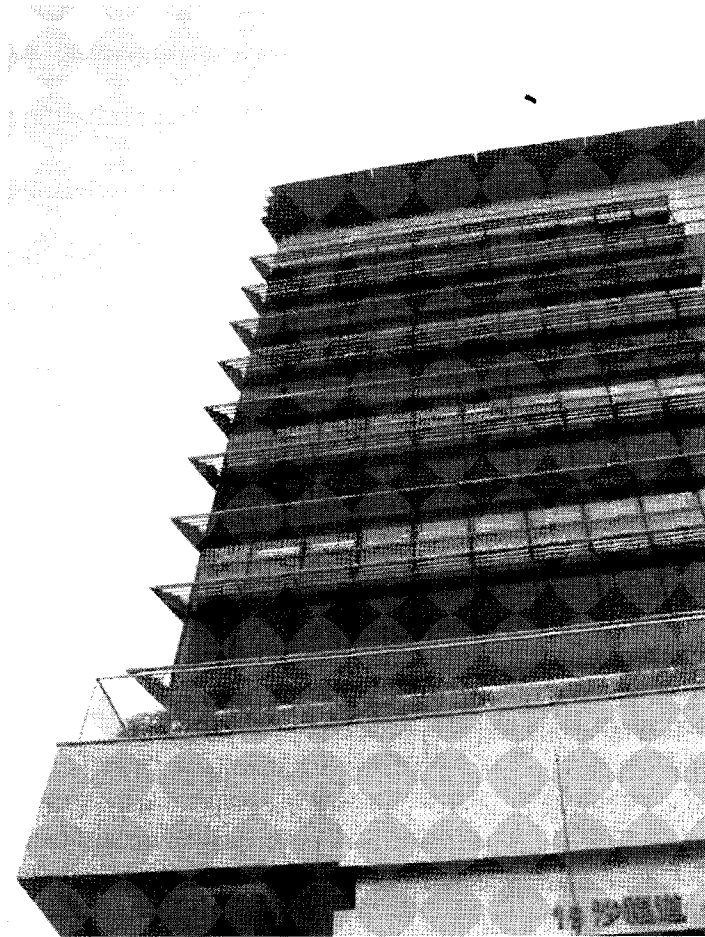
Kantor adalah salah satu fungsi di mana persoalan visual sangat penting sehingga pencahayaannya harus memenuhi persyaratan tingkat iluminasi dan kesilauan. Hal-hal lain yang juga penting adalah view ke luar.[1] Jadi sudah merupakan kebutuhan dalam desain untuk menyediakan ruangan dengan tingkat iluminasi yang sesuai dengan kegiatan yang berlangsung

[1] Philips, Derek, 2004, *"Daylighting, Natural Light in Architecture"*, Architectural Press, Burlington.

di dalam ruangan itu. Jenis aktivitas yang beragam dalam sebuah kantor, seperti bekerja dengan menggunakan komputer, kegiatan menulis, membaca, rapat, kegiatan teknis dengan tingkat ketelitian yang tinggi, tentu membutuhkan pencahayaan yang berbeda. Demikian pula dengan tingkat kesilauan, harus direduksi sampai sekecil mungkin agar berbagai kegiatan di dalamnya dapat berjalan dengan baik.

Kantor yang berada di pusat kota, misalnya, biasanya terletak pada bangunan berlantai banyak (*multi storey building*), dan memiliki masalah dengan banyaknya bangunan lain yang seringkali menutup akses pada cahaya matahari. Untung teknologi telah berkembang pesat sehingga mampu menyelesaikan permasalahan tersebut. Berbagai sistem untuk memasukkan dan menyebarkan cahaya matahari ke seluruh ruang kini telah banyak dimanfaatkan pada desain kantor.

Dalam mengoptimalkan cahaya matahari, saat ini kebanyakan kantor dirancang menggunakan kulit transparan berbahan kaca. Pemilihan kulit bangunan semacam ini mampu menciptakan ruangan yang memenuhi persyaratan kebutuhan cahaya, terutama pada bangunan-bangunan tinggi di mana dinding tidak berperan sebagai sistem struktur bangunan. Sayangnya, tanpa pertimbangan dan perhitungan yang matang, penggunaan material kaca di seluruh sisi bangunan dapat mengakibatkan sistem tata suara atau akustik menjadi buruk karena sifat kaca yang memantulkan suara.

Dengan mengoptimalkan cahaya matahari pada ruang-ruang kantor, maka penggunaan energi untuk mengaktifkan pencahayaan buatan tentu dapat direduksi. Pencahayaan buatan tentu masih dibutuhkan pada ruang-ruang yang tidak terjangkau cahaya matahari. Namun, dengan bantuan cahaya matahari, ketergantungan pada pencahayaan buatan akan menjadi semakin kecil.

Gambar 2.4 Akses cahaya. Dengan memberikan akses cahaya secara optimal pada kulit bangunan, maka kegiatan sebuah kantor akan dapat berlangsung dengan baik, dan mereduksi penggunaan energi listrik.

2.1.3 Gereja

Cahaya merupakan elemen yang sangat penting dalam desain sebuah gereja. Hal ini tidak lepas dari filosofi yang ada, bahwa cahaya digambarkan sebagai sesuatu yang datang dari Sang Pencipta dan mampu menguak kegelapan. Oleh sebab itu kebanyakan desain gereja memasukkan elemen pencahayaan, baik alami maupun artifisial, dalam

konsep perancangannya. Waktu penyelenggaraan ibadah pun menjadi sebuah pertimbangan penting, karena pada umumnya ibadah dilaksanakan pada pagi dan sore hari, sehingga kesempatan untuk memasukkan cahaya matahari sangatlah besar.

Pada umumnya, tipologi gedung gereja memiliki pola linear dengan diakhiri pada bagian mimbar. Pengakhiran ini seringkali 'dirayakan' dengan berbagai pendekatan desain, misalnya dengan membuat lantai dengan ketinggian yang berbeda, plafon dengan ketinggian yang berbeda, serta dengan memberikan penekanan melalui aksentuasi cahaya. Penekanan ini seringkali dilakukan melalui bagian atas mimbar, namun tidak jarang juga melalui bagian belakang mimbar dan mengarah pada ruang ibadah di mana jemaat berada. Aksentuasi melalui pencahayaan ini tentu saja mengacu pada filosofi cahaya yang datang dari Sang Pencipta dan menerangi seluruh elemen yang ada di dalam gedung gereja.

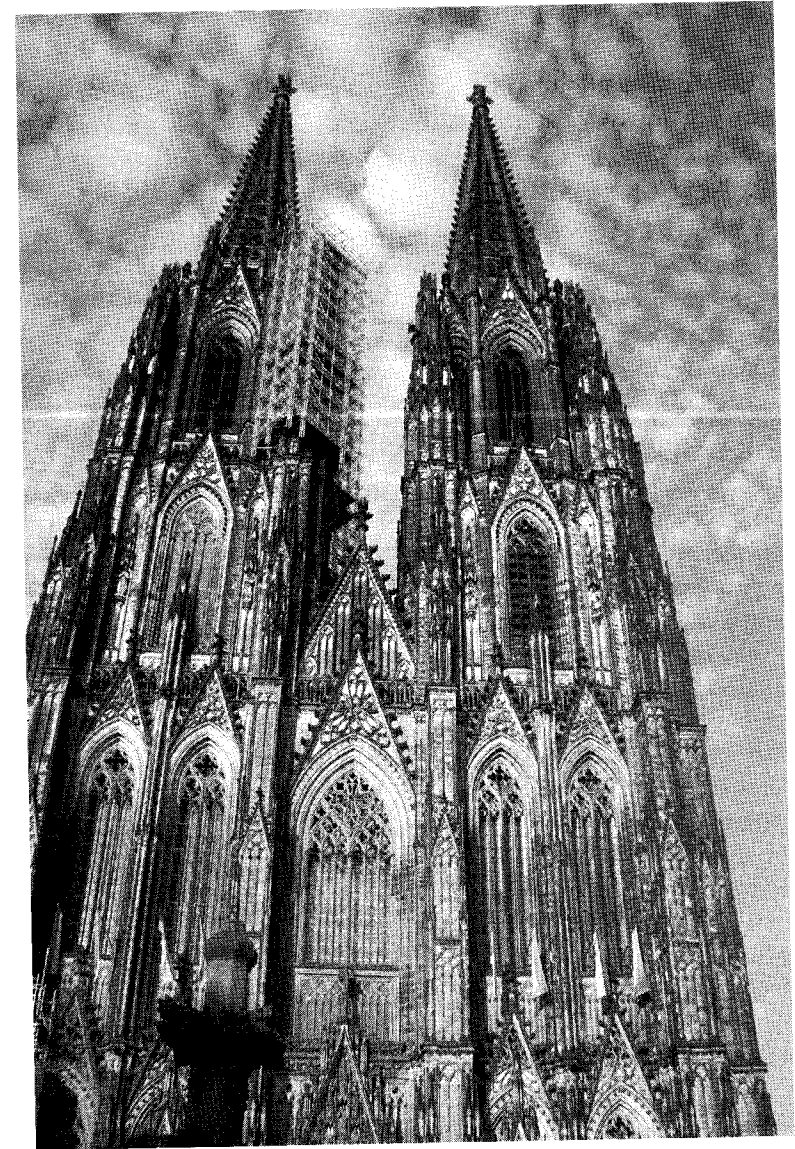
Dalam perkembangannya, terdapat beberapa pola ruang dalam gereja. Pola linear bukan lagi merupakan satu-satunya pola yang digunakan. Pola radial maupun persegi juga banyak dikembangkan dan diaplikasikan. Namun demikian pada prinsipnya orientasi yang terbentuk tetaplah sama, di mana pengakhiran tetap berorientasi pada mimbar, sebagai sebuah *point of interest* ruang dalam. Orientasi tersebut akan semakin dipertegas dengan penataan furnitur ruang, terutama oleh deretan kursi-kursi yang ada.

Pada bagian luar, menara seringkali menjadi penekanan dalam desain gereja. Menara dengan atap yang menjulang dapat diterjemahkan sebagai sebuah penghubung antara manusia yang berada di bawah dengan Sang Pencipta yang berada di atas. Menara juga kerap berfungsi sebagai ruang di mana lonceng diletakkan. Tujuannya tentu agar suara yang ditimbulkan dapat menjangkau ruang yang lebih jauh. Di samping itu, tidak sedikit menara gereja yang difungsikan sebagai jalan masuk cahaya ke mimbar pada ruang dalam. Desain ini sangat mendukung karena ketinggian menara akan meminimalkan hambatan yang ditimbulkan oleh bangunan lain. Untuk itu perlu pertimbangan yang sangat matang agar cahaya yang masuk mampu mencapai ruang mimbar sebagaimana konsep perancangan yang dibuat.

Dalam pelaksanaannya seringkali digunakan beberapa reflektor pada dinding bagian dalam menara sehingga cahaya yang berasal dari luar mampu mencapai ruang dalam. Penggunaan reflektor sendiri membu-

tuhkan perhitungan yang matang karena terkait dengan arah datangnya cahaya matahari, waktu dilaksanakannya ibadah serta kondisi eksisting di sekitar bangunan. Adalah lebih baik apabila reflektor dibuat fleksibel, dapat diubah sudut kemiringannya, sehingga perbedaan jadwal ibadah dan perbedaan sudut datang cahaya tidak berpengaruh pada kualitas cahaya yang dihasilkan. Reflektor juga dapat digunakan untuk memantulkan cahaya secara merata pada seluruh ruangan.

Selain melalui bagian atas mimbar, beberapa bangunan gereja juga dirancang untuk memasukkan cahaya melalui dinding pada sisi belakang mimbar. Hal ini memiliki tujuan yang sama tetapi dengan pendekatan yang berbeda. Cahaya yang masuk pun tidak jarang diberi aksentuasi dengan menambahkan efek warna atau gambar tertentu. Pada bagian ini kaca patri berwarna kerap digunakan untuk menciptakan pola mozaik dengan berbagai corak dan ragam. Cahaya yang dihasilkan akan memberikan efek visual yang dramatis, terlebih apabila tercipta kontras cahaya yang cukup tinggi pada ruangan.

Sisi-sisi bangunan pun dapat digunakan sebagai jalan memasukkan cahaya ke dalam ruangan. Namun bagian ini seringkali lebih digunakan secara fungsional di mana dibutuhkan tingkat iluminasi tertentu agar kegiatan di dalamnya dapat berlangsung dengan baik. Pendekatan yang kurang baik kadangkala justru menciptakan ketidaknyamanan bagi orang yang berada di dalamnya. Kurangnya perhitungan pada desain pencahayaan alami dapat menciptakan ruangan yang panas akibat masuknya cahaya matahari secara langsung. Dalam hal ini perlu diperhitungkan bentuk bukaan, dimensi, serta arah bukaan. Selain itu, material yang dipilih juga berpengaruh. Filter cahaya dapat dimanfaatkan sebagai bagian dari desain.

Gambar 2.5 Katedral Koeln di Jerman dengan dua menara yang menjulang tinggi dan berperan memasukkan cahaya alami ke dalam bangunan.
Sumber: Manurung, 2009

2.1.4 Museum

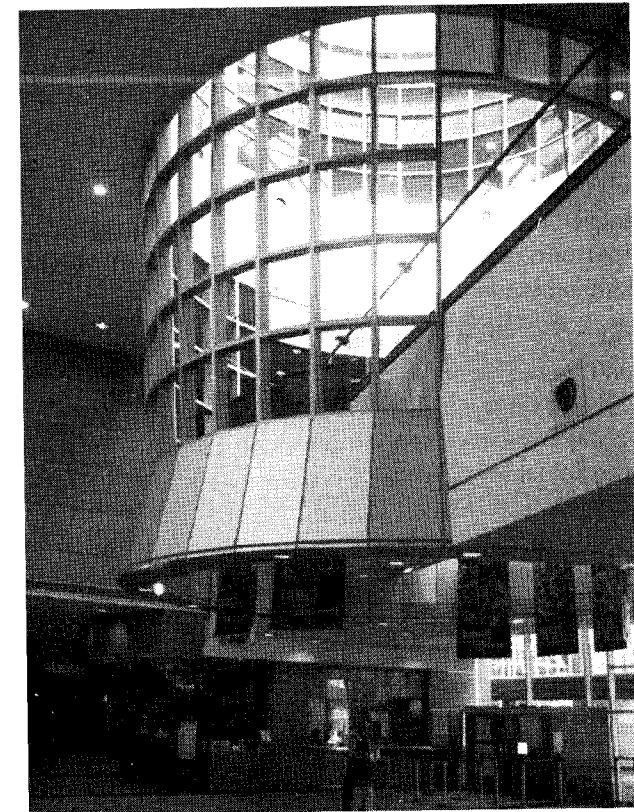
Fungsi museum yang lebih banyak berperan sebagai media informasi dan referensi, membawa pada kebutuhan akan pentingnya informasi visual. Berbicara mengenai informasi visual tidak akan lepas dari pembahasan akan pentingnya pencahayaan.

Museum adalah sebagai sebuah ruang yang menampung berbagai informasi tentang berbagai hal, baik mengenai sejarah peradaban, teknologi, seni, dan sebagainya. Mayoritas informasi tersebut diakses secara visual. Sebagai indera visual, kemampuan mata untuk mengakses informasi yang disampaikan sangatlah tergantung pada cahaya.

Namun demikian pencahayaan pada museum bukanlah sekedar untuk mememenuhi kebutuhan fungsional semata. Pencahayaan memiliki tugas yang berat untuk menjamin informasi yang diterima oleh indera visual tepat dan sesuai dengan kondisi sebenarnya. Di Hong Kong Museum of History, misalnya, terdapat delapan galeri yang menampilkan delapan masa yang berbeda dalam peradaban Hong Kong. Galeri pertama menampilkan Hong Kong pada masa empat ratus juta tahun yang lalu, dilanjutkan dengan masa prasejarah, masa kekaisaran Han sampai Qing pada galeri ketiga, kebudayaan masyarakat Hong Kong, perang melawan sindikat opium, pertumbuhan kota, masa pendudukan Jepang, dan diakhiri galeri mengenai Hong Kong sebagai kota metropolitan dan penyerahan Hong Kong kembali ke China oleh pemerintah Inggris. Dari kedelapan galeri dengan delapan masa yang berbeda, terlihat jelas pentingnya efek pencahayaan dalam museum. Efek cahaya pada masa prasejarah tentu jauh berbeda dengan masa di mana Hong Kong telah menjadi kota Metropolitan jutaan tahun setelahnya. Tanpa desain pencahayaan yang baik, informasi akan perbedaan delapan masa tersebut tidak akan dapat diterima dengan sempurna. Pencahayaan alami pun memainkan peran penting dalam penyampaian informasi-informasi tersebut.

Peran pencahayaan bukan saja dalam penyampaian informasi visual akan objek yang ditampilkan dalam museum, tetapi juga harus mampu menerangi ruang-ruang yang ada, baik ruang galeri, pintu masuk, pintu keluar, serta pintu darurat, sehingga pengunjung tetap memiliki orientasi keberadaan dirinya. Pada galeri dengan dimensi dan volume ruang yang lebih besar, cahaya alami merupakan elemen yang sangat penting karena cahaya alami selain mampu memberikan cahaya yang merata, juga

mampu mereduksi energi yang dikeluarkan. Hal ini juga memberikan pembelajaran kepada para pengunjung akan pentingnya memanfaatkan energi yang terbarukan seperti cahaya matahari.

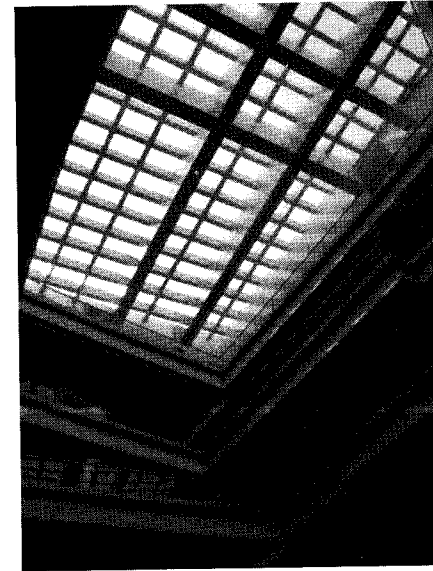
Pada bagian ini terlihat jelas peran pencahayaan alami bukan semata sebagai media dalam penyampaian informasi visual, tetapi juga berperan secara fungsional dan dalam menciptakan lingkungan yang berkelanjutan. Ketiga peran ini semakin penting dalam kondisi saat ini, di mana isu lingkungan semakin menjadi perhatian.

Gambar 2.6 Museum. Pencahayaan alami pada Hong Kong Museum of History

2.1.5 Pusat Perbelanjaan

Saat ini pusat perbelanjaan seperti mall dan plaza menjadi pilihan untuk berbelanja masyarakat urban. Tidak hanya berbelanja, bahkan kerap menjadi tempat untuk melepaskan kejenuhan dan mencari suasana baru. Dengan luasan dan volume bangunan yang sangat besar, pusat perbelanjaan membutuhkan energi yang sangat besar agar dapat beroperasi. Sebagian besar energi tersebut dibutuhkan untuk kebutuhan visual dengan menghadirkan pencahayaan buatan. Kebutuhan akan pencahayaan menjadi sangat besar karena aktivitas yang diwadahi di dalam ruang sangat kompleks.

Dalam hal ini kebanyakan pusat perbelanjaan menggunakan pencahayaan alami untuk meminimalkan penggunaan pencahayaan buatan, khususnya pada pagi sampai sore hari. Upaya memasukkan cahaya alami pun direspons dalam desain dengan menghadirkan atrium. Atrium kemudian memiliki fungsi dan menampung kegiatan yang beragam, baik sekedar sebagai tempat berkumpul, tempat menyelenggarakan pameran, sampai pada penyelenggaraan berbagai kontes.

Berbagai aktivitas yang diwadahi itu pada gilirannya membawa pola dan bentuk atrium menjadi beragam. Pola linear, persegi serta lingkaran kerap diaplikasikan dalam desain. Dalam kaitannya dengan pencahayaan alami, pola tersebut dapat disesuaikan dengan arah datangnya cahaya matahari serta garis edar matahari agar cahaya yang didapat menjadi lebih optimal. Pola linear dengan arah memanjang timur-barat, misalnya, lebih optimal dalam memasukkan cahaya matahari dari berbagai sudut. Di sisi lain, pola lingkaran dapat memasukkan cahaya secara lebih merata ke dalam bangunan.

Selain melalui atrium, cahaya juga dapat dimasukkan melalui sisi bangunan. Namun tentu saja membutuhkan bidang bukaan atau bidang transparan. Pendekatan ini sangat jarang diaplikasikan pada desain pusat perbelanjaan karena harus mengorbankan banyak ruang yang tentu berdampak pada berkurangnya pendapatan pengelola. Di sisi lain, tingginya tingkat kepadatan bangunan di kota-kota besar turut menjadi kendala untuk memasukkan cahaya matahari dari sisi bangunan.

Gambar 2.7 Pola linear dengan orientasi timur-barat dapat memasukkan cahaya alami dengan optimal.

Gambar 2.8 Pencahayaan alami dari sisi bangunan dapat menunjang berbagai kegiatan yang ada, bahkan dengan volume dan dimensi ruang yang sangat besar.

2.2 Menerjemahkan Geometri

Selain berperan dalam memberikan informasi visual bagi berbagai kegiatan yang terjadi pada sebuah ruang, pencahayaan alami juga memiliki peran lain dalam konteks arsitektur, yaitu menerjemahkan geometri. Seindah apapun sebuah permainan geometri yang diciptakan, baik dalam konteks arsitektur maupun karya seni, namun bila tanpa cahaya maka tak akan ada artinya. Hanya cahaya yang mampu menerjemahkan keindahan tersebut menjadi informasi visual yang diakses oleh indera penglihatan untuk disampaikan kepada otak yang menganalisis informasi tersebut dan diolah menjadi persepsi visual.

Cahaya alami yang jatuh menerpa geometri akan mempertegas bentuk dan permainan geometri tersebut dengan menciptakan kontras. Kontras yang dihasilkan antara sisi terang dan sisi gelap akibat bayangan akan memberikan efek visual yang dramatis, baik pada eksterior maupun interior bangunan.

Gambar 2.9 Biara Chi Lin di Diamond Hill, Hong Kong, dengan gaya arsitektur China pada masa dinasti Tang. Permainan geometri semakin tegas dengan bantuan cahaya alami.

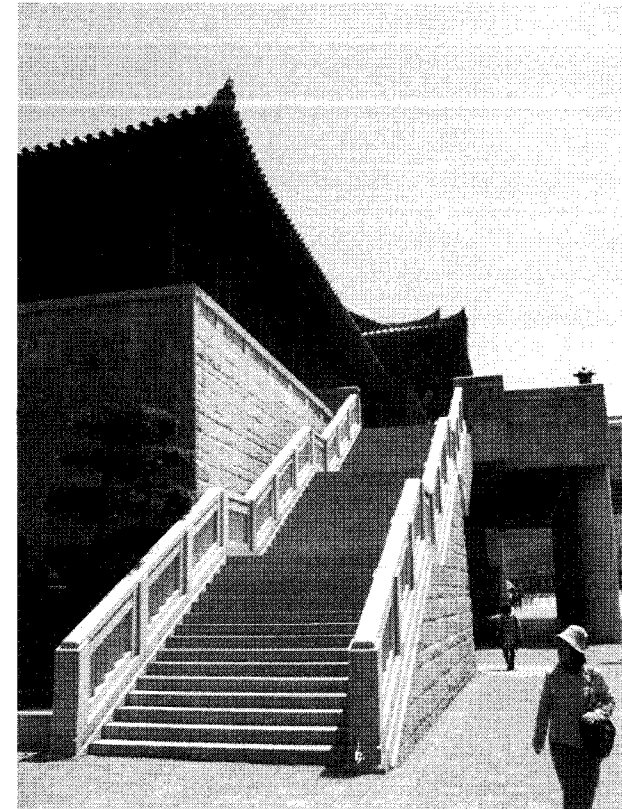
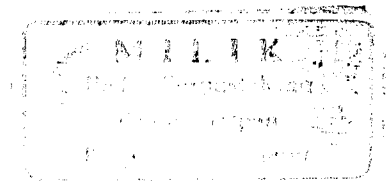
Dengan bantuan cahaya alami, sebuah bangunan akan dapat dinikmati dengan baik, terutama ketika kondisi langit sedang cerah. Cahaya matahari akan mengenai kulit bangunan, mendefinisikan bentuk, menegaskan elemen-elemen bangunan serta memperkuat kesan tiga dimensional. Pada ekstrior bangunan, sebagaimana yang terlihat pada Gambar 2.9, cahaya alami mampu menegaskan geometri bangunan walaupun tidak ada permainan warna yang mencolok. Elemen-elemen garis dan bidang diterjemahkan dengan baik. Demikian pula halnya dengan permainan kedalaman yang mempertegas kesan tiga dimensi.

Gambar 2.10 Permainan detail sambungan kayu semakin tegas dengan adanya cahaya matahari pada siang hari.

Di sisi lain, permainan geometri melalui komposisi struktur bangunan merupakan sebuah sajian visual yang sangat menarik, baik dengan menggunakan sistem struktur baja, kayu, maupun sistem struktur lainnya. Permainan geometri semacam ini semakin tegas dengan bantuan cahaya. Permainan detail sambungan kayu pada biara Chi Lin yang tanpa menggunakan paku pada sistem tektonikanya (Gambar 2.10) semakin jelas apabila dinikmati pada siang hari. Elemen garis yang berjejer sebagai usuk pada rangka atap disatukan oleh sebuah balok yang melintang. Pertemuan balok dengan kolom yang 'dirayakan' dalam satu komposisi tektonika juga memberikan kesan visual yang sangat elok. Cahaya matahari membuat seluruh informasi tersebut dapat kita terima dengan utuh, tanpa ada bagian yang terlewatkan. Di sisi lain, bayangan yang dihasilkan turut memberikan informasi mengenai posisi satu bagian struktur terhadap bagian lain. Bayangan memberikan penekanan akan kedalaman yang tercipta oleh komposisi tersebut.

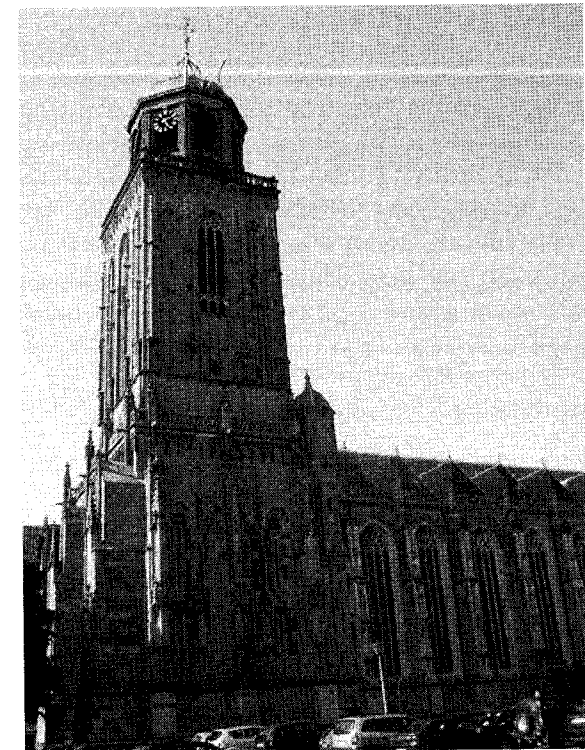
Dalam menerjemahkan geometri, pencahayaan juga membantu indera visual untuk mengetahui perbedaan material pada bangunan. Perbedaan material maupun tekstur seringkali digunakan dalam desain untuk memberikan penekanan tertentu. Tujuan ini tidak dapat tercapai tanpa bantuan cahaya. Di dalam kegelapan, perbedaan mungkin hanya akan dapat diketahui dengan meraba material tersebut, yang dirasakan dengan adanya perbedaan tekstur, baik kasar maupun halus. Namun, dengan bantuan cahaya, perbedaan tersebut akan lebih dapat dirasakan (secara visual) sehingga tujuan yang tertuang dalam konsep perancangan dapat dicapai.

Gambar 2.11 memperlihatkan dengan jelas adanya perbedaan material, perbedaan yang sekaligus membawa pada informasi perbedaan warna dan tekstur. Material batu yang difungsikan sebagai penopang atau fondasi terlihat sangat berbeda dengan struktur bangunan yang berada di atasnya yang dibentuk melalui sistem struktur kayu. Pada bangunan yang dibangun pada masa Dinasti Tang ini, pemilihan batu dan kayu tentu saja mengacu pada ketersediaan material pada masa itu, di mana struktur beton bertulang dan rangka baja belum diciptakan. Namun, terlepas dari ketersediaan material dan sistem struktur, terlihat jelas adanya suatu kesadaran dalam meletakkan kayu sebagai struktur yang lebih ringan di atas batu yang bersifat masif dan berat. Logika ini justru membawa pada komposisi yang elok di mana elemen batu dan kayu terlihat menghasilkan kesan visual yang menarik. Perbedaan warna alami keduanya pun turut

mempertegas kesan tersebut. Demikian halnya dengan perbedaan tekstur, di mana batu, sebagai bagian yang lebih kokoh dan berperan sebagai penopang, hadir dengan tekstur kasar, seolah ingin menunjukkan kemampuannya dalam menghadapi berbagai kondisi alam. Sebaliknya, sebagai bagian yang bersinggungan langsung dengan manusia, elemen kayu hadir dengan tekstur yang halus. Informasi desain tersebut menjadi jelas ketika diterjemahkan oleh cahaya matahari menjadi sebuah data visual.

Gambar 2.11 Perbedaan material. Informasi mengenai perbedaan material dan tekstur semakin jelas terlihat dengan bantuan cahaya matahari.

Dalam skala makro, cahaya juga memberikan informasi mengenai perbedaan satu bangunan dengan bangunan lain. Prinsip ini sama dengan detail struktur, namun dalam konteks dan skala yang lebih besar. Bangunan satu dengan bangunan lain akan terlihat sama atau berbeda ketika ada cahaya, khususnya cahaya matahari. Dalam skala yang besar, dalam konteks ruang kota, tanpa pencahayaan artifisial yang memadai, maka informasi tersebut tidak akan dapat kita terima dengan sempurna akibat keterbatasan kemampuan indera visual dalam lingkungan yang gelap.

Gambar 2.12 Lama dan baru. Cahaya matahari memberikan informasi mengenai perbedaan antara satu bangunan dengan bangunan lainnya

Cahaya matahari memungkinkan informasi-informasi itu dapat kita terima dengan jelas. Tidak hanya perbedaan satu bangunan dengan bangunan lain, *skyline* atau garis yang dibentuk oleh deretan bangunan pun dapat kita akses melalui indera visual. Gambar 2.12 menampilkan informasi mengenai perbedaan bangunan lama, gedung gereja St.John's Cathedral yang dibangun pada masa kolonial Inggris di Hong Kong dengan bangunan modern karya arsitek terkenal dunia, IM. Pei, Bank of

China. Informasi mengenai perbedaan yang tersaji pada geometri, material, kulit bangunan, serta ketinggian bangunan tersebut bisa didapatkan hanya dengan adanya iluminasi cahaya yang memadai. Pada malam hari informasi ini tidak dapat kita terima dengan baik karena terbatasnya sumber cahaya yang ada. Sedangkan pada siang hari, dengan kondisi cuaca yang cerah, cahaya matahari akan menampilkan informasi tersebut dengan sangat baik, terlebih dengan latar belakang birunya langit. Bayangan yang dihasilkan dengan posisi matahari pada sudut tertentu pun turut mempertegas perbedaan-perbedaan tersebut.

Gambar 2.13 Bangunan lama. Keberadaan bangunan lama di kota Deventer, Belanda, ini turut memberikan sajian visual yang menarik dalam konteks kota.

Di tengah pesatnya pertumbuhan gedung-gedung pencakar langit di kota-kota besar, keberadaan bangunan lama menjadi menarik karena menciptakan kontras pada konteksnya. Arsitektur lama yang cenderung kaya akan detail dan ornamen menciptakan sajian visual tersendiri di bawah siraman cahaya matahari. Permainan geometri yang diciptakan mulai dari bentuk bangunan secara keseluruhan, permainan detail dan sambungan, komposisi material dan tekstur, sampai pada kedalaman dan kesan tiga dimensional, memberikan kontribusi visual yang sangat besar.

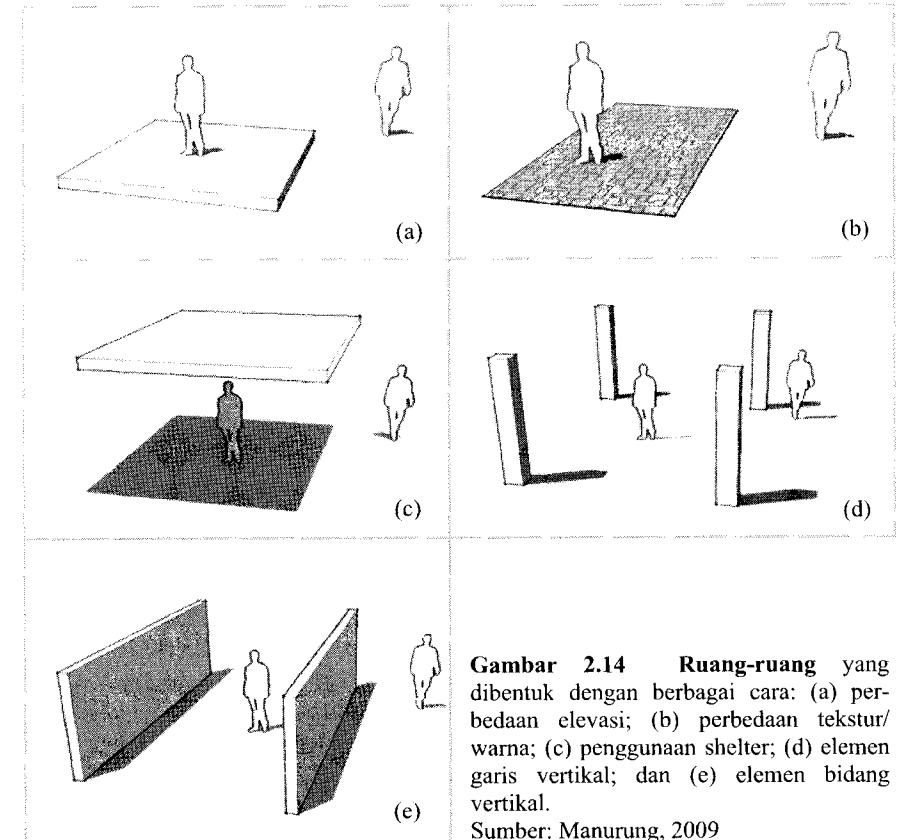
2.3 Menerjemahkan Ruang

Sebuah ruang dapat terbentuk dengan adanya batasan-batasan yang jelas, baik batasan fisik, batasan visual, bahkan melalui suara dan bebauan. Kita dapat mengetahui bahwa kita sedang menuju sebuah ruang ketika kita mengetahui dan merasakan bahwa ada batasan yang tercipta. Hal ini tidak selalu berupa sesuatu yang bersifat visual. Ketika memasuki sebuah ruangan konser musik, misalnya, kita mulai merasakan bahwa kita semakin mendekati ruang tersebut ketika kita mendengar suara musik yang semakin lama semakin jelas terdengar. Demikian halnya ketika memasuki sebuah taman bunga, wangi bunga yang semakin kuat tercium oleh indera penciuman kita menandakan bahwa kita semakin dekat dengan ruang di mana bunga-bunga tersebut berada.

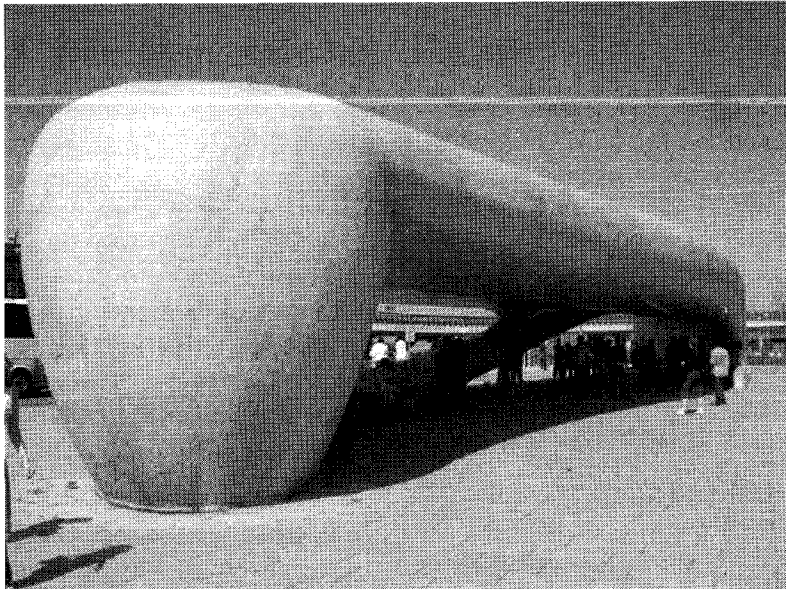
Namun, secara visual sebuah ruang dapat dirasakan atau dapat terbentuk dengan bantuan cahaya. Dalam konteks pencahayaan buatan, kita dapat bermain-main dengan cahaya dalam membentuk sebuah ruang. Menurut Manurung (2009), pencahayaan dapat digunakan dalam membentuk ruang melalui dua pendekatan, yaitu:

1. mempertegas elemen struktural,
2. menggunakan intensitas cahaya, warna cahaya, dan pola cahaya.

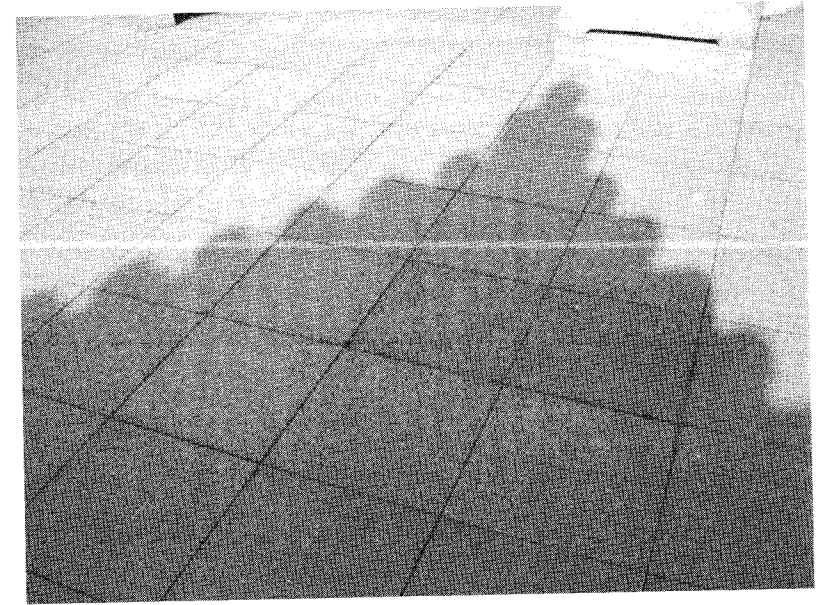
Namun kondisi ini agak berbeda dengan cahaya alami yang dihasilkan oleh matahari. Pada pencahayaan buatan, cahaya dapat dihasilkan oleh lebih dari satu sumber cahaya dengan intensitas cahaya yang dapat diatur secara berbeda. Demikian halnya dengan arah dan sudut cahaya yang dapat diatur sesuai kebutuhan. Warna dan pola cahaya pun dapat dimainkan dengan mudah mengikuti kebutuhan dan estetika desain. Sementara pada pencahayaan alami, sumber cahaya tunggal berasal dari

cahaya matahari dengan sudut yang sangat tergantung pada garis edar matahari, serta dengan intensitas yang relatif sama. Warna cahaya dan pola cahaya yang dihasilkan pun relatif tidak jauh berbeda. Namun demikian, kita dapat memasukkan cahaya matahari ke dalam ruangan dengan memberikan perlakuan khusus, misalnya membelokkan cahaya matahari dengan menggunakan reflektor, menciptakan warna cahaya dengan menggunakan kaca berwarna, serta mengatur tingkat iluminasi cahaya dengan memberikan filter cahaya.

Gambar 2.14 Ruang-ruang yang dibentuk dengan berbagai cara: (a) perbedaan elevasi; (b) perbedaan tekstur/ warna; (c) penggunaan shelter; (d) elemen garis vertikal; dan (e) elemen bidang vertikal.
Sumber: Manurung, 2009

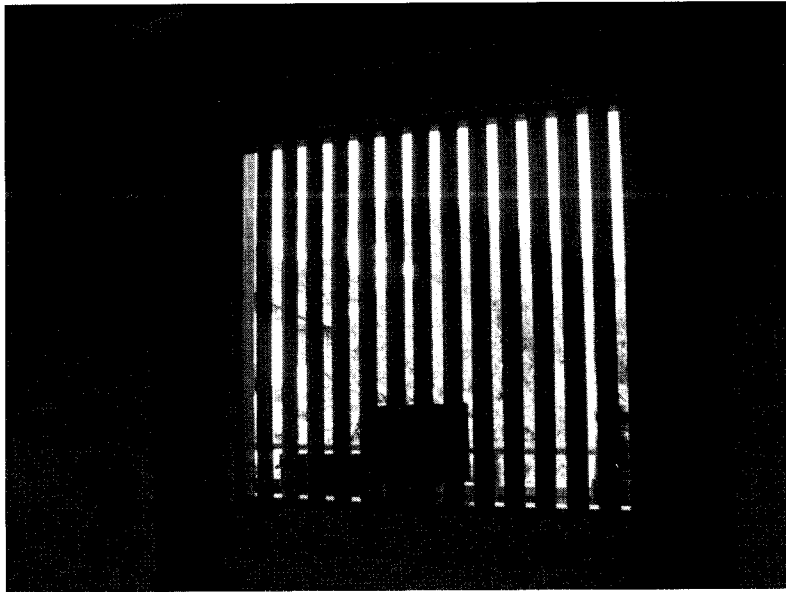
Pada Gambar 2.14 terlihat ruang-ruang yang dibentuk dengan berbagai cara dalam konteks visual. Dalam hal ini pencahayaan alami memainkan peranan penting, terutama pada ruang luar. Dengan memberikan

informasi visual mengenai elemen pembentuk ruang, maka sebuah ruang dapat dirasakan kehadirannya. Pada bagian yang berbeda, cahaya alami juga mampu menciptakan ruang melalui bayangan yang dihasilkan. Daerah bayangan seringkali justru menjadi sebuah ruang yang sangat kuat. Ketika kita berlindung dari teriknya matahari, kita memilih berada di bawah bayangan gedung maupun pepohonan, bahkan seringkali kita justru tidak berada tepat di bawah pohon atau gedung itu karena ruang yang kita tuju adalah bayangan yang dihasilkan.

Gambar 2.15 Menerjemahkan ruang. Cahaya matahari dapat menerjemahkan ruang dengan mempertegas elemen pembatas ruang tersebut. Di sisi lain, cahaya yang dihasilkan akan membentuk ruang yang baru.

Sebuah ruang tunggu pada terminal bis di kota Rotterdam (Gambar 2.15) terlihat sangat simpel, namun mampu menciptakan batasan ruang yang sangat kuat dengan bantuan cahaya matahari. Kekuatan ruang tersebut tercipta justru melalui bayangan yang dihasilkannya, di mana ruang tersebut memberi mereka rasa nyaman dan melindungi bayangan tersebut memberi mereka rasa nyaman dan melindungi 'penghuninya' dari panas yang dibawa cahaya matahari. Demikian halnya pada Gambar 2.16, bayangan sebuah biara yang menerpa elemen lantai mampu menciptakan sebuah ruang temporer. Dikatakan temporer karena

keberadaannya sangat tergantung pada intensitas dan arah cahaya matahari. Terlepas dari keberadaannya yang sementara, ruang yang tercipta akibat bayangan bangunan selalu menarik untuk diamati, serta seringkali kita butuhkan untuk menghindari teriknya matahari.

Gambar 2.16 Menciptakan ruang. Selain menerjemahkan ruang dengan mempertegas elemen pembentuknya, cahaya matahari juga mampu menciptakan ruang melalui bayangan yang dihasilkannya.

Perbedaan gelap terang yang diakibatkan perbedaan intensitas cahaya kerap mampu menghasilkan elemen-elemen pembatas yang pada gilirannya akan membentuk sebuah ruang dan membedakannya dengan ruang lain secara tegas. Kondisi ini membawa pada perbedaan 'di dalam' dan 'di luar' sebagaimana dapat kita lihat pada Gambar 2.14. Berbedanya intensitas cahaya pada suatu ruang atas ruang lainnya tentu akan menghasilkan kontras yang sekaligus membawa pada kondisi 'di dalam' dan 'di luar' tadi. Perbedaan intensitas cahaya matahari sebagaimana terlihat pada Gambar 2.17 juga memberikan informasi yang sangat jelas akan keberadaan dua buah ruang yang berbeda, ruang dalam dan ruang luar. Cahaya matahari yang masuk secara terbatas melalui kisi-kisi

bukaan menciptakan area yang lebih gelap dibandingkan dengan ruang luar yang mendapatkan cahaya secara melimpah. Perbedaan ini justru memberikan efek yang dramatis dan mempertegas bahwa kita berada pada ruang yang berbeda. Atau memberi sebuah tanda, bahwa kita akan memasuki sebuah ruang yang berbeda.

Gambar 2.17 Perbedaan intensitas cahaya. Intensitas cahaya matahari yang berbeda semakin mempertegas perbedaan ruang dalam dan ruang luar.

2.4 Membentuk Atmosfer Ruang

Tugas arsitektur bukan semata menyediakan ruang dalam kemasan geometri yang indah berkonteks estetika. Arsitektur juga harus bertanggung jawab dalam menciptakan kenyamanan pada ruang-ruang tersebut. Hanya dalam ruangan yang nyamanlah berbagai kegiatan dapat berlangsung dengan baik, karena sebuah ruang turut memengaruhi kondisi psikologi orang yang melakukan kegiatan di dalamnya.

Penerangan yang baik akan membantu kita mengerjakan pekerjaan dan membuat kita merasa nyaman ketika mengerjakannya. Walaupun terkesan sederhana, pernyataan ini merupakan tujuan dari *lighting design,*

untuk menciptakan kenyamanan, suasana yang menyenangkan, dan ruang yang fungsional bagi setiap orang di dalamnya (Lam, 1977).

Sebagaimana pernyataan William Lam, kita memang akan merasa lebih nyaman dalam melakukan berbagai aktivitas di dalam ruang ketika tersedia cahaya dengan tingkat iluminasi yang mendukung, sesuai dengan aktivitas yang dilakukan. Tingkat iluminasi yang dibutuhkan tiap-tiap kegiatan sangat beragam, tergantung kebutuhan akan tingkat ketelitian dari kegiatan itu, juga dipengaruhi oleh tingkat kecepatan dalam melakukan kegiatan.

Dalam konteks pencahayaan alami, kebutuhan itu tidak semata mengacu pada ketersediaan iluminasi sebagai bagian penting dalam beraktivitas. Cahaya alami yang dihasilkan matahari memberikan lebih dari itu. Sebuah ruangan akan terasa lebih 'hidup' dan nyaman ketika cahaya alami mampu menjangkau ruangan tersebut. Ruang-ruang pun terasa lebih segar karena cahaya matahari memberikan kesegaran dan di sisi lain juga memiliki kemampuan membunuh kuman maupun bakteri yang beterbangan di dalam ruang. Menurut Ander (2003), sebagai sebuah bagian desain, pemanfaatan pencahayaan alami pada sebuah bangunan akan menciptakan atmosfer bagi orang di dalamnya.

Masuknya cahaya alami ke dalam ruang juga memberikan satu interaksi antara ruang dalam dan ruang luar. Cahaya alami membuat terciptanya komunikasi antara ruang dalam dan ruang luar sehingga orang-orang yang berada di dalam ruangan pun tetap memiliki orientasi yang jelas. Cahaya yang dihasilkan oleh matahari, di sisi lain memiliki kualitas yang sangat baik sehingga mampu menciptakan kondisi visual yang baik. Hal yang sama dirasakan ketika kita meletakkan elemen vegetasi di dalam sebuah ruang, tanpa adanya akses cahaya matahari, maka ruangan tetap terasa kurang nyaman dan kehadiran vegetasi tersebut seolah hambar dan kurang nyaman. Hal ini menunjukkan bahwa cahaya alami mampu menciptakan suasana yang nyaman, segar, dan bersemangat. Dengan kata lain, pencahayaan alami mampu menciptakan atmosfer ruang. Dalam menciptakan sebuah ruang, pertimbangan dalam mengakomodasi aktivitas perlu dibarengi dengan pengkondisian atmosfer yang akan dihasilkan. Faktor kenyamanan menjadi salah satu bagian di dalamnya, dan pertimbangan akan pentingnya cahaya alami akan turut memengaruhi tingkat kenyamanan yang dihasilkan, baik kenyamanan visual, kenyamanan termal, maupun faktor lainnya.

Gambar 2.18 Atmosfer. Cahaya alami mampu menciptakan atmosfer ruang.

3 Memasukkan Cahaya Alami

Memasukkan cahaya merupakan bagian paling utama pada desain pencahayaan alami (*daylighting design*). Upaya ini kelihatannya sangat mudah, meski kenyataannya tidaklah sesederhana yang terlihat. Memasukkan cahaya tidak semata-mata membuat akses cahaya dari ruang luar ke ruang dalam, membuat bukaan sebesar-besarnya atau memasang bidang transparan yang seluas-luasnya agar cahaya dapat masuk dengan leluasa. Cara pandang ini tentu bukan pendekatan desain yang tepat, karena bukan kuantitas semata yang menjadi pertimbangan, kualitas cahaya serta berbagai faktor lain pun harus diperhatikan.

Cahaya alami dibutuhkan bukan hanya untuk memenuhi kebutuhan visual semata. Faktor kesehatan dan kenyamanan sebagaimana telah dibahas pada bab sebelumnya juga menjadi pertimbangan dalam memasukkan cahaya alami. Cahaya matahari berguna bagi kesehatan karena mengandung vitamin D yang dibutuhkan manusia. Di sisi lain, cahaya matahari juga menghasilkan radiasi yang berakibat buruk bagi kesehatan manusia.

Tugas desainerlah untuk mengatur agar manfaat cahaya matahari dapat diterima, sementara akibat buruknya dapat direduksi. Tampilan bangunan dan berbagai pertimbangan lain juga harus diperhitungkan dalam proses desain. Bangunan harus mampu memenuhi berbagai kebutuhan yang terkait dengan fungsi, bentuk, tipologi, dan karakter yang dimilikinya.

Bab ini membahas berbagai pendekatan desain dalam memasukkan cahaya alami ke dalam bangunan. Pertimbangan kenyamanan, kesehatan, dan desain menjadi bagian dalam upaya memasukkan cahaya alami. Berbagai pendekatan perlu dilakukan agar didapatkan desain yang mendukung fungsi dan citra bangunan tersebut.

3.1 Orientasi Bangunan

Orientasi bangunan memiliki peran yang sangat penting dalam desain pencahayaan alami (*daylighting design*). Hal ini disebabkan oleh posisi

sumber cahaya yang memiliki garis edar. Matahari sebagai sumber utama pencahayaan alami memancarkan cahayanya sampai ke bumi, baik secara langsung maupun melalui pantulan langit (*skylight*) dan benda-benda langit lainnya. Bumi yang berputar mengelilingi matahari, dan di sisi lain juga berputar pada porosnya sendiri, menerima cahaya matahari secara tetap. Ada yang terbagi dalam beberapa musim, tergantung letak geografisnya. Perbedaan geografis barbagai negara di muka bumi berdampak pada berbedanya perilaku dan karakter cahaya matahari yang diterima.

Indonesia, sebagai negara yang berada di bawah garis khatulistiwa, menerima cahaya matahari relatif stabil sepanjang tahun. Posisi yang demikian mengakibatkan negara ini hanya memiliki dua musim, yaitu musim kemarau dan musim penghujan. Berbeda dengan negara yang memiliki empat musim, mereka memiliki akses yang terbatas pada cahaya matahari. Cahaya matahari mulai menyinari bangunan-bangunan di Indonesia pada pagi hari, dan baru 'berpamitan' pada sore hari. Kondisi yang relatif sama terjadi sepanjang tahun. Perjalanan cahaya sejak pagi sampai petang inilah yang harus dipertimbangkan dalam desain bangunan agar cahaya dapat masuk ke dalam bangunan secara optimal.

Arah cahaya yang berasal dari sisi timur dan tenggelam pada sisi barat juga harus menjadi pertimbangan dalam menentukan jalan masuk cahaya. Penataan ruang pun harus dipertimbangkan. Karena selain terkait dengan fungsi dan kegiatan, masing-masing ruang-ruang memiliki kebutuhan yang berbeda akan cahaya alami, terutama terkait dengan karakter cahaya yang berbeda pada berbagai arah. Jalan masuk cahaya, baik berupa bukaan ataupun berupa bidang transparan yang permanen, tentu harus dipertimbangkan sebagai akses visual ke luar dan ke dalam bangunan. Akses visual (*view*) ke luar bangunan merupakan salah satu bagian penting dalam desain karena menciptakan relasi dengan ruang luar, selain juga menciptakan orientasi bagi orang-orang yang berada di dalam bangunan. Pertimbangan-perimbangan ini akan menjadi bagian dalam menentukan orientasi bangunan.

Arah datangnya cahaya bukan merupakan satu-satunya pertimbangan dalam penentuan orientasi bangunan. Selain faktor-faktor tersebut, kondisi eksisting pada site, seperti bangunan di sekitar, pepohonan, bukit, kondisi site yang berkontur, serta kondisi lain yang berpotensi

menghalangi akses cahaya matahari menuju site, juga harus diperhitungkan dengan matang.

Di lingkungan yang padat, site yang sempit kerap tidak memberikan pilihan untuk menentukan orientasi bangunan. Site kadang berada pada lingkungan yang padat bangunan, dengan posisi kapling yang telah ditentukan, seperti dengan pola grid mutlak. Kondisi site seperti ini merupakan kondisi yang sangat umum karena keterbatasan lahan dan tingkat kebutuhan lahan yang tinggi, terutama di kota-kota besar. Terlebih ketika site berada di antara bangunan-bangunan tinggi yang membatasi akses bagi masuknya cahaya alami. Dalam kondisi demikian, setidaknya orientasi jendela dan akses cahaya yang lain harus menjadi pertimbangan (Gambar 3.1). Walaupun orientasi bangunan ke arah selatan, misalnya, kita tetap dapat memasukkan cahaya dengan meletakkan akses cahaya melalui sisi timur, tenggara, barat daya atau barat.

Orientasi bangunan juga harus disesuaikan dengan tujuan perancangan dan kebutuhan cahaya pada ruang tertentu. Pertimbangan ini mengacu pada kuantitas dan kualitas serta karakter cahaya yang berbeda pada berbagai arah masuknya cahaya. Cahaya yang masuk dari sisi selatan, misalnya, akan menghasilkan panas yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan sisi utara. Dengan demikian ruang-ruang yang membutuhkan kondisi termal yang lebih hangat dapat diletakkan pada sisi selatan.

Sisi timur dan barat memberikan cahaya matahari dengan intensitas yang tinggi dan relatif stabil sepanjang hari. Lebih jauh pembahasan mengenai hal ini akan dilakukan pada Subbab 3.2 mengenai strategi dalam memasukkan cahaya alami ke dalam bangunan.

Tentu saja pertimbangan kenyamanan dan kesehatan manusia sebagai penghuni bangunan harus menjadi perhatian. Faktor kenyamanan terkait dengan kuantitas dan kualitas cahaya yang masuk menjadi bagian penting dalam melakukan kegiatan di dalam ruang, sebagaimana telah dibahas pada Bab 1. Kebutuhan vitamin D yang banyak terkandung pada cahaya matahari pagi juga dapat menjadi bagian dalam memutuskan orientasi bangunan, khususnya bagi rumah tinggal.

Gambar 3.1 Orientasi jendela. Ketika orientasi bangunan tidak memungkinkan untuk mendapatkan cahaya alami yang maksimal, maka dapat disiasati dengan orientasi jendela yang mengarah pada arah datangnya cahaya.

3.2 Bentuk Bangunan

Selain orientasi bangunan, faktor lain yang turut berpengaruh dalam pencahayaan alami adalah bentuk atau geometri bangunan. Geometri bangunan bahkan dapat dipertimbangkan dalam desain untuk mengatasi keterbatasan orientasi. Kepadatan bangunan yang sangat tinggi pada lokasi, serta sempitnya lahan yang tersedia, kerap menjadi kendala dalam mengoptimalkan masuknya cahaya alami ke dalam bangunan. Keterbatasan ini dapat direduksi dengan memainkan geometri bangunan pada desain.

Bangunan yang ramping memungkinkan cahaya alami masuk ke dalam ruangan. Kerampingan bangunan memungkinkan bagi cahaya untuk mencapai ruang-ruang di dalam bangunan dari berbagai sisi. Sebaliknya, bangunan yang besar akan menyulitkan masuknya cahaya alami, khususnya cahaya matahari, secara langsung ke dalam ruangan. Akibatnya, akan terdapat ruang-ruang yang tak mendapatkan cahaya alami. Hal ini patut dihindari karena peran cahaya alami bagi manusia sebagai penghuni bangunan sangat penting, selain dapat mengurangi ketergantungan terhadap energi listrik sebagai sumber energi bagi cahaya buatan.

Berbagai bentuk bangunan dikembangkan untuk mengoptimalkan masuknya cahaya alami ke dalam bangunan. Pada bangunan dengan volume besar, konsep atrium banyak digunakan untuk memasukkan cahaya alami. Konsep ini terutama digunakan pada bangunan-bangunan publik seperti pusat perbelanjaan, kampus, pasar tradisional, bahkan kantor. Pada prinsipnya atrium membuat bangunan menjadi lebih ramping dengan membuat ruang terbuka pada bagian dalam sebagai jalan bagi masuknya cahaya alami.

Variasi bentuk lain pun banyak kita temui, terutama dengan permainan geometri pada fasade bangunan, agar sudut cahaya menjadi semakin besar, dan akses cahaya menjadi lebih optimal dalam menjangkau ruang-ruang di dalam bangunan. Pada prinsipnya permainan geometri ini harus memerhatikan dua hal, yaitu arah datangnya cahaya serta sudut cahaya.

3.2.1 Bentuk yang Ramping

Bentuk bangunan yang ramping ideal untuk memasukkan cahaya alami melalui kedua sisi bangunan. Pemasukan cahaya melalui satu sisi bangunan tidak memadai untuk penerangan di dalam ruang, terutama untuk aktivitas dengan kebutuhan intensitas cahaya yang tinggi. Bangunan dengan bentuk yang ramping membuat cahaya dapat masuk melalui dua sisi bangunan sehingga didapatkan cahaya yang memadai asalkan didukung akses yang tepat, baik melalui bukaan maupun bidang transparan. Untuk mendapatkan bentuk yang ramping dapat dilakukan permainan geometri dengan berbagai bentuk seperti bentuk huruf I, L, T, H, U dan sebagainya. Namun permainan geometri seperti ini juga harus mempertimbangkan faktor bayangan, karena tanpa pertimbangan jarak dan ketinggian bangunan, bidang-bidang tersebut justru akan menjadi penghalang masuknya cahaya bagi bidang yang lain.

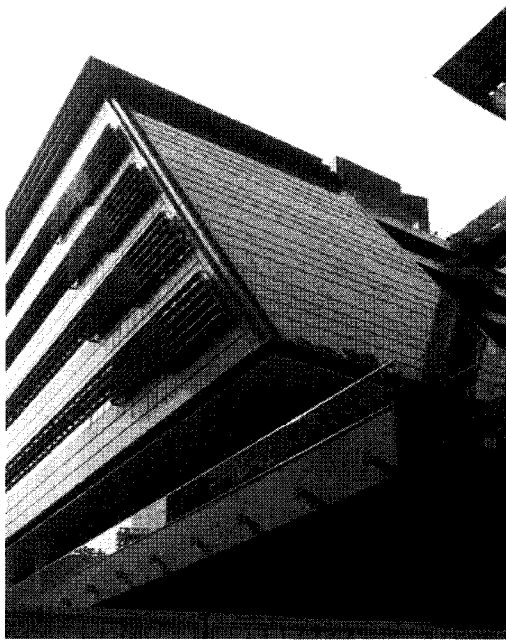
Gambar 3.2 Ramping. Bangunan yang ramping memudahkan cahaya masuk ke dalam seluruh ruangan.

3.2.2 Atrium

Atrium pada bangunan menciptakan ruang terbuka pada bagian dalam sehingga memberikan jalan atau akses bagi masuknya cahaya alami. Dengan adanya ruang pada bagian dalam bangunan, ruang-ruang yang lain akan menjadi semakin ramping, dan memiliki akses terhadap cahaya matahari melalui dua sisi, sisi bagian luar dan sisi bagian dalam. Luasan atrium harus dipertimbangkan terhadap tinggi bangunan. Bangunan tinggi dengan atrium yang kecil tidak dapat menerima cahaya alami secara optimal, terutama pada lantai terbawah. Pada bangunan tinggi, selain dengan memperbesar luasan atrium, pendekatan lain yang dapat dilakukan untuk mengoptimalkan akses cahaya alami adalah dengan membuat kemiringan pada sisi bagian dalam. Lantai demi lantai dapat dibuat dengan lebar yang berbeda sehingga semakin ke atas, sudut yang tercipta akan semakin besar, dan akses bagi cahaya matahari menjadi semakin besar pula.

Gambar 3.3 Atrium memungkinkan bangunan menerima cahaya alami melalui bagian dalam.

3.2.3 Memiringkan Fasade Bangunan

Pada lokasi yang padat, terutama ketika sekitar site dikelilingi bangunan-bangunan tinggi, maka akses cahaya matahari untuk masuk ke dalam site semakin sempit. Jarak yang sangat sempit antara site dengan bangunan di sekitarnya menyebabkan sudut cahaya matahari semakin kecil. Kecilnya sudut cahaya dapat diatasi dengan memiringkan fasade bangunan ke arah dalam, sehingga sudut yang tercipta lebih besar daripada yang didapat dengan fasade vertikal. Pendekatan ini memungkinkan ruang dalam memiliki akses cahaya lebih besar, terutama pada bangunan bertingkat tinggi. Dengan sudut cahaya yang besar, bangunan akan menerima cahaya pada waktu yang lebih panjang, dan cahaya dapat menjangkau setiap lantai yang ada.

Gambar 3.4 Memiringkan fasade. Dengan memiringkan fasade, akses lebih besar bagi masuknya cahaya matahari akan diperoleh, terutama pada lingkungan yang padat bangunan.

3.2.4 Memajukan Fasade Bangunan

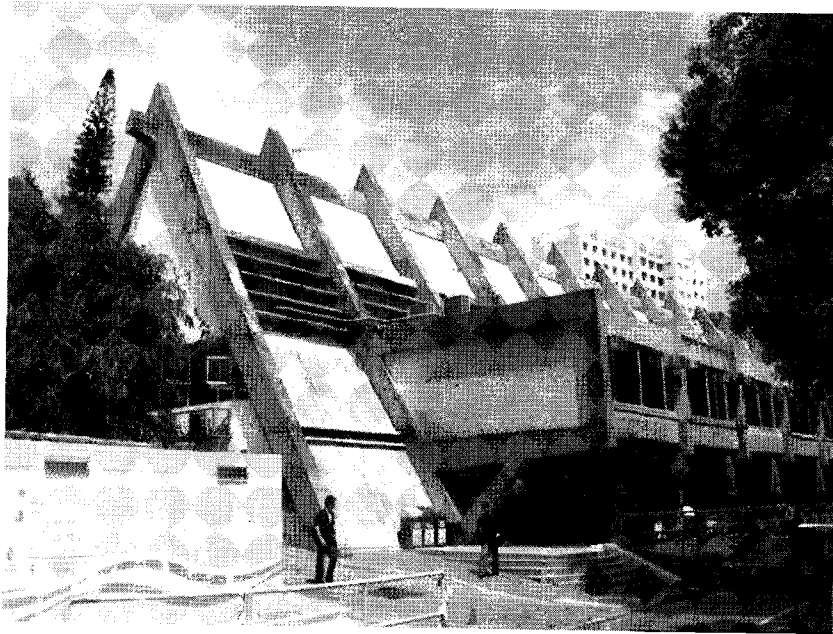
Bentuk dasar bangunan dengan fasade yang tegak lurus terhadap bidang lantai kerap memiliki akses yang terbatas terhadap cahaya matahari. Terlebih ketika bangunan memiliki orientasi yang tidak mendukung serta diapit oleh bangunan tinggi di sekitarnya. Dalam kondisi ini, upaya memajukan fasade bangunan dapat dilakukan (Gambar 3.5). Dengan memajukan fasade bangunan maka akan tercipta empat bidang baru yang dapat dijadikan jalan masuk cahaya, baik dengan menambahkan jendela, bukaan, maupun bidang transparan (*glazing*).

Selain itu, bidang bagian bawah pun dapat berperan sebagai reflektor bagi cahaya alami sehingga semakin banyak cahaya yang masuk ke dalam ruangan. Bidang-bidang ini juga dapat berperan sebagai penghalang cahaya langsung dan mereduksi kemungkinan terjadinya silau bagi ruang di bawahnya.

Gambar 3.5 Memperluas akses cahaya. Salah satu upaya untuk memperluas akses cahaya alami adalah dengan menarik bidang bangunan ke luar.

3.2.5 Bentuk Segitiga

Bentuk segitiga merupakan tipikal yang lazim pada arsitektur tradisional Indonesia. Namun pada umumnya, baik bangunan tradisional maupun bangunan lain di negara tropis, penggunaan bentuk segitiga lebih pada elemen atap semata, sementara badan bangunan tetap terdiri dari bidang vertikal. Keberadaan plafon yang memisahkan ruang atap dengan ruang dalam turut menjadi penghalang bagi masuknya cahaya alami.

Bentuk segitiga juga dapat dikembangkan sebagai bentuk keseluruhan bangunan, dan berperan sebagai badan sekaligus atap bangunan (Gambar 3.6). Bentuk ini memberikan sudut yang besar bagi masuknya cahaya matahari, bahkan sejak pagi sampai sore hari. Bertemunya dua sisi bangunan pada titik puncak bangunan membuat kedua sisi bangunan memiliki akses yang luas bagi cahaya matahari.

Gambar 3.6 Segitiga. Bentuk segitiga memungkinkan cahaya matahari masuk ke dalam bangunan dengan lebih baik, karena sudut cahaya yang semakin besar.

3.3 Memasukkan Cahaya

Memasukkan cahaya alami ke dalam bangunan bukanlah semata-mata membuat bukaan atau bidang transparan pada dinding. Semakin besar bukaan atau bidang transparan, semakin besar jumlah cahaya yang masuk ke dalam ruangan. Tetapi sesungguhnya tidaklah sesederhana itu. Dalam upaya memasukkan cahaya ke dalam bangunan, kita juga harus mempertimbangkan berbagai faktor lain. Tampilan bangunan, baik pada eksterior maupun interior, akan terpengaruh oleh adanya bukaan dan bidang transparan. Oleh sebab itulah kehadirannya juga harus mempertimbangkan penampilan bangunan secara keseluruhan, dan dipertimbangkan sejak proses awal perancangan.

Ventilasi udara juga harus menjadi bagian dalam upaya memasukkan cahaya alami ke dalam bangunan. Sirkulasi udara tidak hanya dbutuhkan bagi kenyamanan termal ruang, tetapi juga untuk mereduksi panas yang menyertai masuknya cahaya matahari. Udara yang senantiasa bergerak dan berganti akan membuat ruangan tetap sejuk. Kondisi ruangan seperti ini sangat dibutuhkan oleh tubuh dan kesehatan kita. Kenyamanan ruang sangat penting dalam menciptakan *mood* dalam melakukan setiap aktivitas di dalam ruangan. Kenyamanan juga akan terganggu apabila salah dalam memasukkan cahaya alami ke dalam ruangan. Cahaya yang masuk secara berlebih dengan intensitas tinggi, terutama cahaya yang masuk secara langsung, akan menyilaukan dan mengganggu aktivitas yang berlangsung.

Selain berpengaruh pada manusia, cahaya matahari yang masuk secara langsung dengan intensitas tinggi juga akan berpengaruh pada elemen furnitur. Cahaya dan panas yang tidak terkontrol di dalam ruangan dapat merusak perabotan, terutama pada bagian kulitnya. Kualitas tampilan perabot akan berkurang dan pudar. Penempatan furnitur, layout ruang, juga menjadi satu bagian dalam mempertimbangkan jalan masuk bagi cahaya alami.

Secara umum, cahaya dapat dimasukkan ke dalam ruangan melalui tiga bagian bangunan, yaitu:

1. Melalui bagian samping
2. Melalui bagian atas, dan
3. Melalui bagian bawah

Ketiga bagian tersebut mengacu pada sisi-sisi bangunan yang memungkinkan dijadikan akses bagi masuknya cahaya alami. Ketiganya tentu memiliki pendekatan yang berbeda dalam konsep pencahayaan alami; tidak saja terkait pada arah datangnya cahaya, tetapi juga pengaruhnya pada elemen lain, seperti penghawaan, tampilan visual, kenyamanan, sampai pada sistem struktur dan material yang digunakan.

Untuk cahaya alami yang optimal tentu lebih baik bila jalan masuk cahaya melalui ketiga bagian bangunan itu dikolaborasikan dengan orientasi dan bentuk bangunan yang sesuai dengan kondisi lokasi. Karena upaya memasukkan cahaya ke dalam bangunan tidak akan optimal tanpa pertimbangan yang matang terhadap kondisi eksisting, baik terhadap jalur atau garis edar cahaya matahari, kondisi topografi, bangunan di sekitar site, sampai pada elemen vegetasi yang berpotensi menjadi penghalang bagi masuknya cahaya matahari.

Upaya memasukkan cahaya melalui ketiga sisi tersebut akan sangat berpengaruh pada tampilan bangunan, terutama ketika dilakukan upaya memasukkan cahaya melalui bagian bawah bangunan. Pengaruh pada tampilan terkait erat dengan akses yang tersedia pada bidang-bidang pembentuk massa dan ruang. Bidang vertikal pada sisi bangunan akan menjadi pembentuk utama karakter visual bangunan, karena akan terakses langsung secara visual. Bidang ini akan membentuk fasade atau wajah bangunan.

Pada bidang bagian atas mungkin akses visual tidak akan tersaji setegas bidang vertikal, terutama pada bangunan tinggi. Bangunan yang memiliki ketinggian di atas tiga lantai, atapnya tidak akan menyita perhatian secara khusus, terutama bila elemen penutupnya merupakan atap datar. Namun pada bangunan satu lantai seperti rumah tinggal pada umumnya, permainan elemen atap berpengaruh besar pada tampilan bangunan. Untuk itu akses cahaya melalui bagian atas pada bangunan rendah harus betul-betul dipertimbangkan secara visual. Demikian pula halnya pada bidang bagian bawah. Untuk memasukkan cahaya melalui bidang bagian bawah, bangunan harus 'diangkat' agar tercipta ruang sebagai jalan masuk cahaya alami ke dalam bangunan.

3.3.1 Memasukkan Cahaya dari Samping

Memasukkan cahaya dari sisi samping pada bidang vertikal yang menjadi kulit bangunan merupakan upaya yang sangat lazim dilakukan. Memasukkan cahaya dari samping menjadi lebih mudah karena terkoordinasi dengan kulit bangunan, dan kerap dipertimbangkan sebagai akses visual bagi pemandangan yang ada di luar bangunan. Cahaya dapat dimasukkan melalui bukaan ataupun bidang transparan pada bagian kulit atau pelingkup bangunan. Pemasangan bidang transparan dengan menempatkan kaca sebagai elemen vertikal atau pelingkup bangunan, cahaya yang masuk ke dalam ruang memang sangat besar, namun masalah silau dan kenyamanan termal juga akan muncul.

Dengan menciptakan akses cahaya melalui bidang transparan pada elemen vertikal akan memberikan pengaruh secara visual. Kita akan memiliki akses visual yang sangat luas keluar bangunan. Namun perlu juga dipertimbangkan bahwa orang yang berada di ruang luar pun akan memiliki akses visual yang luas ke dalam bangunan. Pendekatan ini jika dilakukan tanpa mempertimbangkan kenyamanan termal juga akan membuat udara panas terjebak di dalam bangunan. Sekali pun menggunakan bantuan penghawaan buatan, energi yang dibutuhkan untuk mendinginkan ruangan akan menjadi sangat besar.

Pada bangunan dengan konsep minimalis, penggunaan kaca sebagai bidang vertikal dan pelingkup bangunan memang makin banyak dilakukan. Untuk bangunan publik, konsep ini memang terlihat sangat baik, karena ada interaksi visual yang terjadi antara 'di dalam' ruang dengan 'di luar' ruang. Namun untuk bangunan yang memiliki tingkat privasi yang tinggi, hal itu perlu dipertimbangkan lagi. Atau dapat dilakukan dengan penambahan kulit kedua (*secondary skin*) yang berfungsi untuk mengurangi panas yang masuk sekaligus untuk membatasi akses visual.

Pendekatan lain yang sering dilakukan untuk memasukkan cahaya dari samping adalah dengan meletakkan jendela pada elemen vertikal atau dinding. Jendela, selain untuk memasukkan cahaya dan menciptakan akses visual dari dan ke dalam bangunan, juga kerap difungsikan untuk sirkulasi udara, bagi terciptanya pergerakan dan pergantian udara di dalam ruang.

Gambar 3.7 Bidang transparan. Bidang transparan menciptakan akses yang luas bagi masuknya cahaya alami, selain juga memberikan interaksi antara ruang dalam dan luar.

Semua peran tersebut dapat dimainkan secara bersamaan oleh jendela. Sebaliknya, peran-peran tersebut juga dapat dimainkan satu per satu dengan mengeliminasi yang lain. Tentu saja keputusan atas peran mana yang harus dimainkan oleh jendela sangat bergantung pada desain. Untuk itulah desain harus mempertimbangkan berbagai faktor selain ketiga faktor di atas. Kehadiran jendela juga akan memberikan pengaruh besar terhadap tampilan bangunan secara keseluruhan, baik melalui bentuk, orientasi, ukuran, bahkan sampai *finishing* yang digunakan.

Sebuah jendela dikelompokkan berdasarkan tipe, ukuran, bentuk, posisi, dan orientasi. Dan sistem pengaturan (*control*) juga dapat ditambahkan untuk mengatur perubahan[1]:

1. Tipe

   Untuk mengelompokkan jendela berdasarkan tipenya, beberapa kriteria dari sifat berikut dapat digunakan; lima sifat utama jendela adalah:

   a. jendela untuk pencahayaan alami
   b. jendela untuk penghawaan alami
   c. jendela untuk pencahayaan alami dan pandangan keluar
   d. jendela untuk pencahayaan dan penghawaan alami
   e. jendela untuk pencahayaan, pandangan keluar dan penghawaan alami

   Dalam mendefinisikan tipe-tipe jendela tersebut harus dilihat acuan pengelompokan, seperti ukuran, bentuk, posisi, orientasi atau sistem pengaturan yang harus dianalisis secara lebih ekstensif.

2. Ukuran

   Ada perbedaan antara 'permukaan mutlak' (*absolute surface*) dengan fenestrasi (*fenestration*) – jumlah jendela yang berhubungan dengan ruang yang diterangi melalui cahaya yang masuk dari jendela, digambarkan dengan persentase. Permukaan mutlak jendela hanya akan memengaruhi penghawaan dan pandangan keluar, sedangkan fenestrasi akan memengaruhi jumlah dan distribusi cahaya.

---

[1] Baker, N., Fanchotti, A., Steemers. K., 1993, "*Daylighting in Architecture: a European reference book*", James & James (Science Publishers) Ltd.

Permukaan mutlak (m^2) jendela dikelompokkan berdasarkan ukuran, ditentukan berdasarkan skala manusia (*human scale*):

a. kecil : permukaan kurang dari 0,5m²
b. sedang : permukaan antara 0,5-2m²
c. besar : permukaan lebih besar dari 2m²

Secara umum, jendela yang kecil memberikan pandangan ke luar yang terbatas dan lebih spesifik, serta memperkuat kesan terisolasi dari ruang luar. Tipe jendela ini juga dapat menimbulkan silau (*glare*).

Fenestrasi (%). Jika terdapat lebih dari satu jendela dalam sebuah ruang yang sama, jumlah permukaan seluruh jendela harus dipertimbangkan berdasarkan titik cahaya dalam hubungannya dengan luas ruangan.

Tergantung pada hubungan antara permukaan jendela dan ruang dalam, beberapa klasifikasi berikut dapat dibuat:

a. fenestrasi sangat rendah : kurang dari 1%
b. fenestrasi rendah : 1-4%
c. fenestrasi sedang : 4-10%
d. fenestrasi tinggi : 10-25%
e. fenestrasi sangat tinggi : lebih dari 25%

Secara umum, fenestrasi yang tinggi dan sangat tinggi akan menimbulkan masalah termal dan kesilauan. Untuk mengatasi permasalahan ini, sistem pengaturan cahaya dapat digunakan.

3. Bentuk
Bentuk-bentuk jendela sangat beragam. Hal pertama yang dapat dilakukan adalah dengan mendefinisikan perbedaan antara tinggi dan lebar. Jendala dapat diklasifikasikan berdasarkan:

a. jendela horizontal : koefisien bentuk ½
b. jendela vertikal : koefisien bentuk 2
c. jendela menengah : koefisien bentuk ½ - 2

Bentuk jendela memengaruhi distribusi cahaya pada ruang yang akan diterangi, kualitas view, dan juga sirkulasi udara.

4. Posisi
Posisi jendela dapat digambarkan berdasarkan posisi vertikal dan horizontalnya pada dinding.

Mengacu pada posisinya terhadap tinggi dinding, jendela dapat diklasifikasikan berdasarkan:

a. jendela tinggi
b. jendela menengah
c. jendela rendah

Jendela yang lebih tinggi lebih baik dalam memasukkan cahaya alami, menghasilkan distribusi cahaya yang lebih baik ke dalam ruangan. Posisi jendela yang tinggi juga mendorong keluarnya udara panas melalui ventilasi alami. Selain itu, jendela yang tinggi juga dapat menjadi batasan dalam menentukan pandangan ke luar. Oleh karena itu jendela tinggi secara umum digunakan untuk menghalangi pandangan.

Mengacu pada posisinya terhadap lebar bangunan, jendela dapat diklasifikasikan berdasarkan:

a. jendela tengah
b. jendela samping
c. jendela sudut

Jendela yang berada di tengah menghasilkan distribusi cahaya yang lebih baik ke dalam ruangan. sementara jendela sudut menghasilkan silau yang lebih kecil.

5. Orientasi
Dengan memerhatikan orientasi jendela, acuan akan dibuat berdasarkan orientasi geografi karena garis edar matahari akan berpengaruh pada pencahayaan alami. Berdasarkan pandangan ini, arah timur-barat secara umum akan memberikan dampak yang sama, walaupun terjadi dalam waktu yang berbeda pada hari yang sama. Jendela dapat dikelompokkan ke dalam:

a. jendela menghadap selatan
Tingkat penerangan tinggi dan sedikit variabel cahaya; memiliki energi yang tinggi pada musim dingin, dan sedang di musim panas.

b. jendela menghadap timur-barat
keduanya menyediakan tingkat penerangan yang sedang, namun menghasilkan cahaya yang sangat baik, orientasi ke timur menghasilkan cahaya dengan intensitas tinggi pada pagi hari, sedangkan orientasi ke barat menghasilkan intensitas tinggi pada siang hari: memiliki energi yang tinggi pada musim panas dan rendah pada musim dingin.

c. jendela menghadap utara
tingkat penerangan rendah, namun menghasilkan tingkat cahaya yang stabil sepanjang hari; energi yang dihasilkan sangat rendah.

Radiasi sinar matahari yang masuk melalui jendela yang berorientasi timur-barat akan menciptakan masalah pada sistem pengendaliannya. Untuk itu dibutuhkan sistem kendali yang dapat diatur (*moveable*). Jendela yang berorientasi utara-selatan dapat menggunakan sistem pengaturan yang permanen (*fixed*).

6. Sistem pengaturan
Kontrol, atau sistem pengaturan, merupakan mesin atau alat yang mampu mengubah efek cahaya pada sebuah jendela. Peralatan ini dapat berupa:

   a. Permanen (*fixed*)
   Tidak dapat dioperasikan dan secara umum tidak membutuhkan perawatan yang berarti.

   b. Dapat digerakkan (*moveable*)
   Dapat disesuaikan dengan kondisi tertentu, dioperasikan secara manual maupun secara otomatis.

Gambar 3.8 Tampilan bangunan. Peletakan jendela dan bukaan lainnya akan memengaruhi tampilan bangunan.

3.3.2 Memasukkan Cahaya dari Atas

Upaya memasukkan cahaya alami dari bagian atas bangunan sangat sering kita temui pada bangunan-bangunan publik seperti pusat perbelanjaan, pasar tradisional, museum atau galeri. Demikian halnya pada bangunan berskala besar seperti pabrik. Bangunan berskala besar dan memiliki intensitas kegiatan yang tinggi pada siang hari memang sangat cocok apabila mengandalkan sumber pencahayaan pada cahaya

alami. Selain dapat menghasilkan cahaya dengan kualitas yang baik, upaya itu juga dapat mereduksi penggunaan energi listrik, dan tentu saja dapat menghemat pengeluaran. Upaya ini pun akan memberikan dampak positif pada lingkungan.

Pada rumah tinggal, upaya memasukkan cahaya dari atas atau bagian atap memang tidak terlalu banyak kita temui. Ini mungkin disebabkan karena biaya konstruksi yang harus dikeluarkan, serta penambahan berbagai material yang berperan dalam memasukkan cahaya alami. Memasukkan cahaya alami dari atas melalui atap sampai dengan menembus plafon menuju ruang dalam tentu membutuhkan perlakuan khusus pada struktur atap dan plafon. Pendekatan dengan menggunakan penutup atap dan plafon yang transparan, baik berbahan kaca maupun plastik, memang banyak dilakukan. Namun seringkali pendekatan yang terlihat sangat praktis ini justru mengabaikan faktor silau (*glare*) dan panas yang dihasilkan. Terabaikannya kedua faktor tersebut membuat kualitas dan kenyamanan ruang menjadi berkurang.

Memasukkan cahaya dari atas sangat berbeda dengan memasukkan cahaya dari samping. Pada pencahayaan dari bagian samping, kita dapat menggunakan berbagai bahan untuk mengurangi intensitas cahaya pada jendela, baik berbahan kain, kayu, sampai logam. Hal ini lebih mudah dilakukan pada bidang vertikal karena bahan-bahan tersebut dapat digantung. Namun cahaya yang datang dari atas dengan posisi tegak dan masuk ke dalam ruang melalui plafon atau atap memiliki pendekatan yang lebih kompleks. Untuk itu dibutuhkan desain, struktur, dan material yang tepat agar kenyamanan ruang dapat dicapai.

Cahaya yang dimasukkan melalui bagian atas umumnya memiliki kuantitas cahaya yang lebih tinggi dan lebih stabil dibanding cahaya yang dimasukkan dari bagian samping. Cahaya dari bagian samping sangat tergantung pada posisi matahari dan pantulan dari permukaan tanah atau perkerasan pada bidang horizontal. Sebagian besar cahaya alami yang masuk dari sisi samping bukanlah merupakan cahaya matahari langsung (*sunlight*), melainkan cahaya pantulan langit (*skylight*). Sedangkan cahaya matahari langsung sangat tergantung pada posisi jendela dan bidang transparan, dan terjadi hanya pada waktu-waktu tertentu.

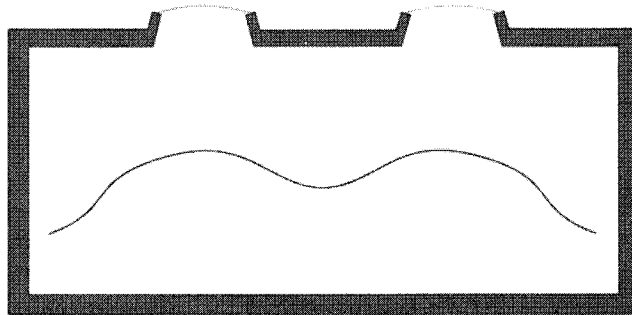
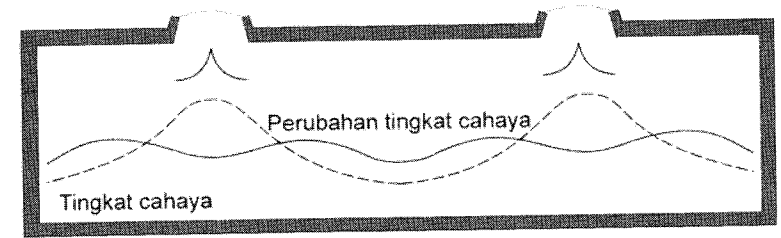
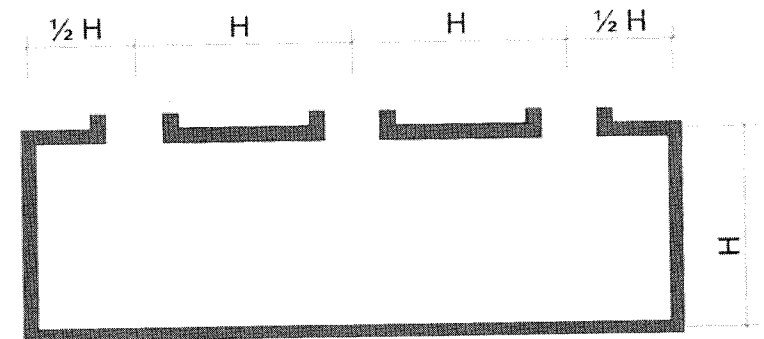
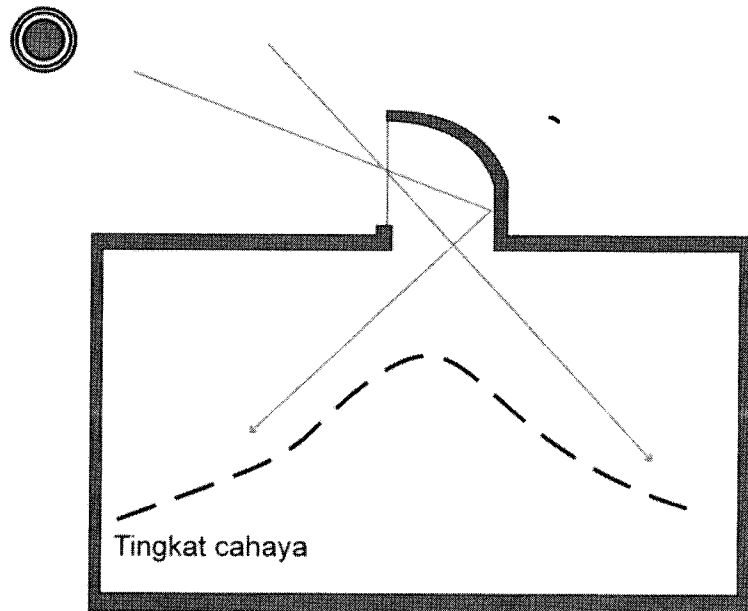
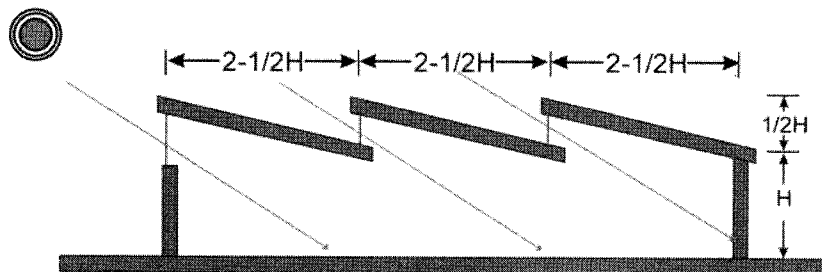
Cahaya yang masuk melalui bagian atas merupakan kombinasi cahaya matahari dan cahaya pantulan langit. Cahaya akan masuk ke dalam bangunan dengan intensitas yang lebih tinggi, terlebih pada kondisi langit

yang cerah dan akses cahaya yang membentang pada arah timur-barat. Kondisi ini akan memberikan cahaya dengan intensitas tinggi yang relatif stabil sepanjang hari, sejak pagi hari sampai sore hari.

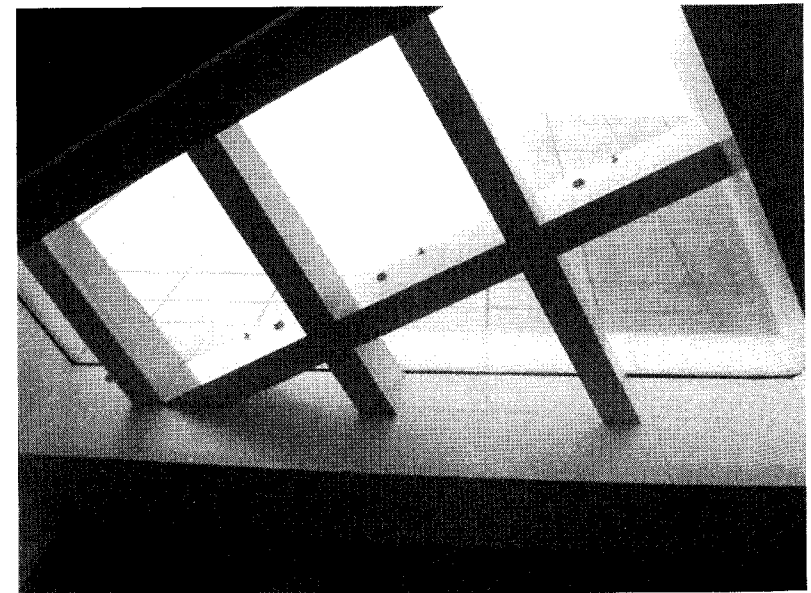
Cara memasukkan cahaya alami dari bagian atas yang sangat sering dilakukan adalah dengan menggunakan *skylight*. Pengertian *skylight* di sini berbeda dengan pengertian *skylight* sebelumnya. Dalam konteks memasukkan cahaya alami dari bagian atas, *skylight* merupakan jalan cahaya yang disediakan melalui bagian atas bangunan dengan menggunakan bidang transparan, baik berupa kaca, plastik, polikarbonat, maupun material transparan lainnya. Bentuk *skylight* sendiri sangat bervariasi, tergantung desain bangunan secara keseluruhan maupun arah cahaya yang akan dimasukkan ke dalam bangunan.

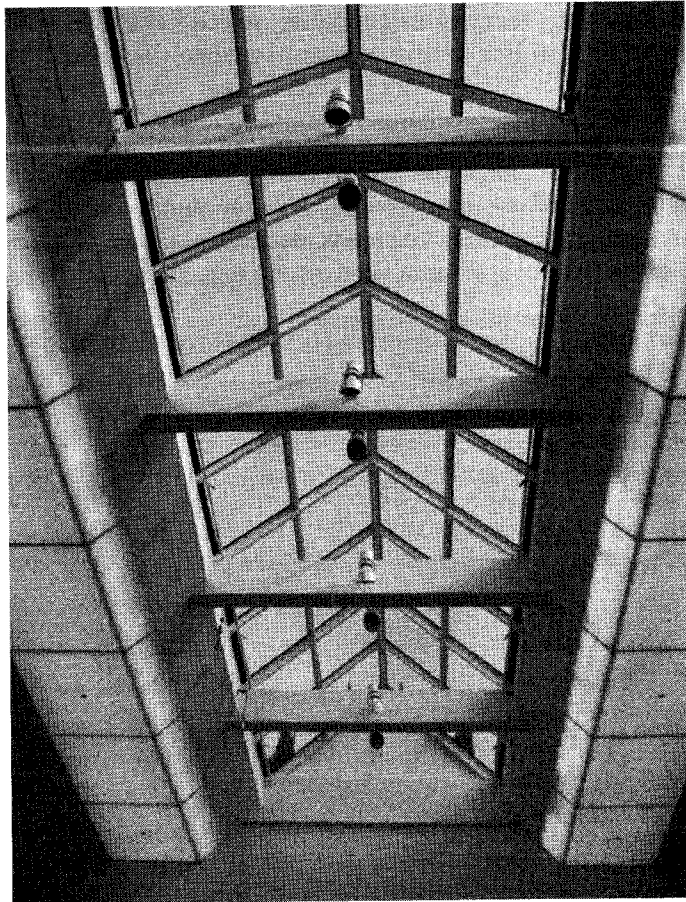
Penggunaan *skylight* pada bagian atas bangunan lebih berperan dalam memasukkan cahaya dari ruang luar ke ruang dalam. Namun distribusi cahaya yang dimasukkan melalui *skylight* akan lebih merata apabila disebarkan dengan menambahkan reflektor pada bagian bawah plafon. Tanpa bantuan reflektor, cahaya yang masuk akan terkonsentrasi pada satu titik tertentu, dan tentu saja akan menyebabkan silau. Panas yang menyertai cahaya matahari pun akan masuk ke dalam ruang, dan menyebabkan kondisi termal yang tidak nyaman.

Dalam mengoptimalkan cahaya alami yang masuk ke dalam ruangan, dapat diletakkan beberapa *skylight*. Namun penggunaan *skylighti* tersebut tentu harus dipertimbangkan dan dirancang dengan baik, agar tujuan perancangan dapat terpenuhi. Menurut Boubekri (2008), jika menggunakan beberapa *skylight*, dalam kondisi cahaya langit yang menyebar, jarak antara skylight yang direkomendasikan adalah sama dengan tinggi ruang untuk mendapatkan distribusi cahaya yang relatif sama pada ruangan (Gambar 3.12). Cahaya yang masuk melalui *skylight* akan memberikan atau menciptakan pola penetrasi tertentu. Pola ini harus dianalisis apakah sesuai dengan kebutuhan ruang yang ada di bawahnya, atau justru menimbulkan ketidaknyamanan akibat cahaya langsung yang masuk menimbulkan silau. Dalam kondisi ini, penambahan reflektor atau bidang tertentu dapat dilakukan untuk membelokkan arah cahaya, sehingga cahaya yang diterima bukanlah cahaya langsung, melainkan cahaya pantul yang lebih lembut dan merata di dalam ruangan (Gambar 3.10 dan Gambar 3.11) .

Gambar 3.9 Pencahayaan atap. Beberapa jens pencahayaan yang mengikuti bentuk atap.
Sumber : Lighting Guide LG 10, 1999

Gambar 3.10 Pola penetrasi cahaya alami melalui dua buah *skylight.*
Sumber: Boubekri, 2008

Gambar 3.11 Perubahan pola penetrasi cahaya dengan menambahkan alat pembelok cahaya di bawah *skylight.*
Sumber: Boubekri, 2008

Gambar 3.12 Jarak *skylight* agar dapat menghasilkan cahaya yang merata pada penggunaan beberapa skylight.
Sumber: Boubekri, 2008

Gambar 3.13 Atap sistem monitor satu sisi dirancang untuk memasukkan cahaya matahari pada musim dingin namun tidak memasukkan cahaya pada musim panas.
Sumber : Boubekri, 2008

Gambar 3.14 Atap gergaji satu sisi menyediakan distribusi cahaya alami yang terarah ke dalam ruangan.
Sumber: Boubekri, 2008

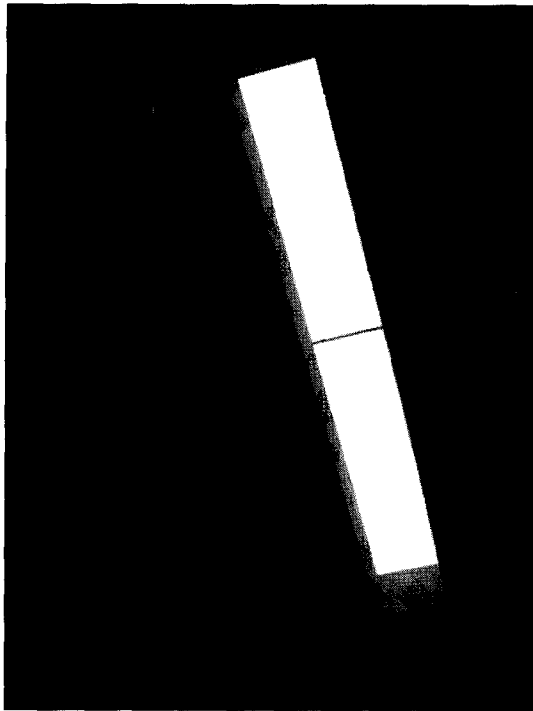
Bentuk *skylight* sendiri sangat variarif. Ada yang hanya berupa bidang datar, mengikuti bidang atap, berbentuk segitiga, kubah, setengah lingkaran, seperempat lingkaran, serta kombinasi di antaranya. Beberapa juga dilakukan pengulangan, seperti atap gergaji, untuk mendapatkan kuantitas cahaya yang optimal, serta menciptakan irama pada desain bangunan. Dari sisi pencahayaan sendiri, pertimbangan arah datangnya cahaya sangatlah penting sehingga cahaya masuk dengan sudut yang tepat dan arah yang tepat ke dalam ruang, sesuai kebutuhan pencahayaan ruang dalam. Faktor lingkungan seperti bangunan tinggi serta pepohonan yang berpotensi menghalangi datangnya cahaya juga harus dipertimbangkan dalam menentukan bentuk *skylight*.

Skylight yang berbentuk datar lebih optimal dalam memasukkan cahaya yang tegak lurus bidang transparan. Sedangkan untuk cahaya yang datang dari sudut yang lebih rendah, bentuk datar ini kurang maksimal dalam menerima cahaya, sebagaimana yang terdapat pada Gambar 3.15.

Gambar 3.15 Skylight datar. Salah satu *skylight* dengan bentuk datar lebih optimal dalam memasukkan cahaya yang datang secara tegak lurus.

Bentuk segitiga pada *skylight* berperan sangat baik dalam memasukkan cahaya dari kedua sisi. Pada sisi sejajar dengan kedua bidang segitiga, cahaya dapat masuk dengan sangat baik karena tersedianya akses yang memadai. Dengan kedua sisi segitiga berorientasi ke arah timur-barat, cahaya alami dapat masuk secara optimal dan relatif stabil sepanjang hari, sebagaimana terlihat pada Gambar 3.16.

Gambar 3.16 Skylight segitiga. Bentuk segitiga memungkinkan cahaya yang datang dari samping masuk secara optimal, terutama dari sisi yang sejajar dengan bidang segitiga.

Skylight berbentuk busur atau setengah lingkaran sangat sering digunakan pada bangunan publik seperti pusat perbelanjaan, maupun bangunan lainnya. Bentuk ini memungkinkan cahaya masuk dengan intensitas yang relatif sama dari berbagai arah. Hal ini disebabkan bentuknya yang mengikuti pola pergerakan cahaya, sebagaimana diakibatkan bola bumi yang berputar mengelilingi matahari.

Gambar 3.17 Skylight busur. Bentuk busur atau setengah lingkaran memungkinkan cahaya matahari masuk dari berbagai arah dengan jarak dan intensitas yang relatif sama.

Memasukkan cahaya alami melalui *skylight* bukan saja dilakukan untuk memberikan penerangan yang merata dengan intensitas tinggi. Penerangan merata kerap dilakukan untuk memenuhi kebutuhan visual bagi aktivitas yang diwadahi. Kebutuhan akan pergerakan dan kegiatan tertentu seperti bekerja, atau membaca memang membutuhkan intensitas cahaya yang tinggi dan merata serta stabil. Namun, cahaya alami juga dapat dimasukkan melalui *skylight* untuk menciptakan kesan yang dramatis, sehingga memberikan pengalaman ruang tersendiri bagi orang yang berada di dalam ruang. Dengan menyediakan akses cahaya yang sempit dan memanjang maka akan tercipta garis cahaya yang masuk ke dalam ruang. Kesan ini dapat menimbulkan pengaruh tersendiri bagi aktivitas di dalamnya.

Gambar 3.18 Dramatis. Cahaya alami yang masuk melalui *skylight* yang sempit, mampu menciptakan efek cahaya yang dramatis.

3.3.3 Memasukkan Cahaya dari Bawah

Judul di atas memang terlihat agak ganjil. Sumber cahaya alami yang dihasilkan oleh cahaya matahari dan cahaya pantulan langit berasal dari bagian atas dan samping. Namun demikian sesungguhnya konsep pencahayaan dan penghawaan alami dari bagian bawah bangunan sudah diterapkan pada beberapa rumah tradisional di nusantara. Rumah-rumah panggung dengan bukaan pada bagian lantai yang kerap difungsikan sebagai ruang tangga, merupakan akses bagi masuknya cahaya alami dan juga sangat baik sebagai sirkulasi udara.

Konsep rumah panggung juga memungkinkan cahaya masuk melalui sela-sela kayu maupun bambu yang berfungsi sebagai lantai. Kondisi ini membuat rumah memiliki kesempatan bernafas, karena udara mengalir dari berbagai arah. Terjadinya pergerakan dan pergantian udara membuat rumah lebih sehat dan nyaman. Demikian halnya dengan cahaya yang masuk dari berbagai arah, akan menghasilkan cahaya yang merata dan relatif lebih nyaman karena tidak terjadi silau (*glare*).

Konsep ini sendiri digunakan pada bangunan yang justru modern dan berkesan futuristik. Dengan fungsinya sebagai bank yang dimiliki oleh salah satu bank besar di Hong Kong, dan dirancang oleh arsitek terkenal dunia asal Inggris, Norman Foster, gedung HSBC Bank justru mengadopsi konsep rumah panggung. Upaya ini terlihat berhasil dilakukan untuk memasukkan cahaya dari bagian bawah bangunan. Pembahasan lebih jauh mengenai bangunan ini secara khusus akan disajikan pada Bab 5.

Berbeda dengan cahaya yang masuk melalui bagian atas bangunan, cahaya yang masuk melalui bagian bawah bukanlah cahaya langsung. Cahaya yang masuk merupakan cahaya pantulan bidang yang terdapat di bawah bangunan, baik permukaan tanah, rumput, maupun perkerasan. Cahaya pantulan tidak akan memberikan intensitas setinggi cahaya langsung. Cahaya pantulan bersifat merata dan relatif tidak menimbulkan silau. Oleh sebab itu, untuk mengoptimalkan cahaya pantulan tersebut, perlu dilakukan pendekatan pada eleman pamantul. Penggunaan perkerasan berbahan relatif mengilat atau pun berwarna terang, akan memberikan pantulan yang relatif lebih baik, namun faktor silau tentu juga harus diperhitungkan.

Gambar 3.19 Memasukkan cahaya dari bawah. Dengan perkerasan yang berperan sebagai reflektor, cahaya akan masuk secara merata ke dalam bangunan.

3.4 Mendistribusikan Cahaya

Terdapat beberapa kondisi di mana cahaya alami tidak dapat menjangkau seluruh ruang di dalam bangunan. Lingkungan sekitar yang dipadati bangunan, terutama bangunan tinggi, volume bangunan yang besar, serta ketinggian bangunan, merupakan sebagian faktor yang menyebabkan banyak ruang dalam yang tidak dapat diakses cahaya alami. Selain tentu saja faktor lain, baik faktor eksternal maupun internal bangunan.

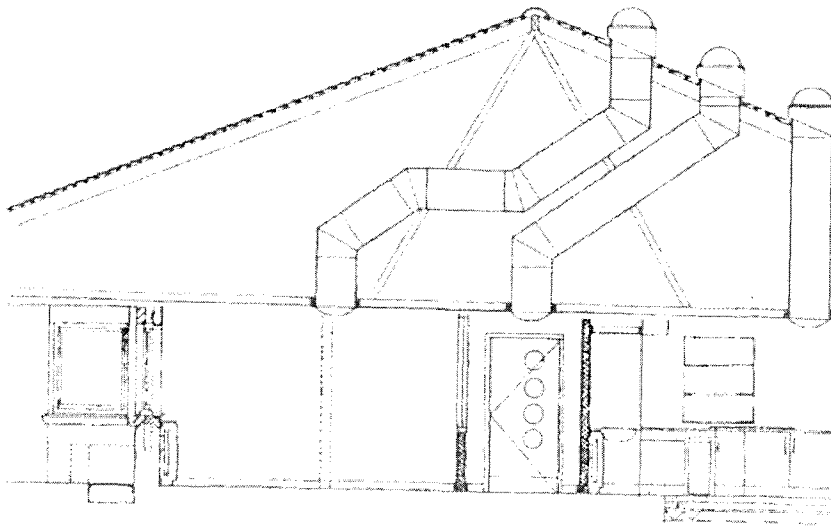
Keterbatasan akses cahaya ini harus dapat diselesaikan dalam desain agar kenyamanan dan kesehatan di dalam bangunan tetap dapat dicapai. Ketika bangunan telah menyediakan akses bagi masuknya cahaya alami, baik melalui bagian samping, atas maupun bagian bawah bangunan, namun cahaya yang masuk ke dalam bangunan tidak mampu mengakses seluruh ruang, maka perlu dilakukan upaya untuk mendistribusikan cahaya alami tersebut. Sebagaimana sifat cahaya yang tidak akan berhenti selama ada bidang reflektor yang mampu meneruskannya, maka cahaya yang telah masuk dapat didistribusikan ke dalam ruang-ruang lain yang belum terjangkau. Pada bangunan tinggi maupun bangunan dengan volume yang besar, ruang yang berada di lantai bawah dan berada di pusat bangunan kerap merupakan ruangan dengan akses yang minim terhadap cahaya alami.

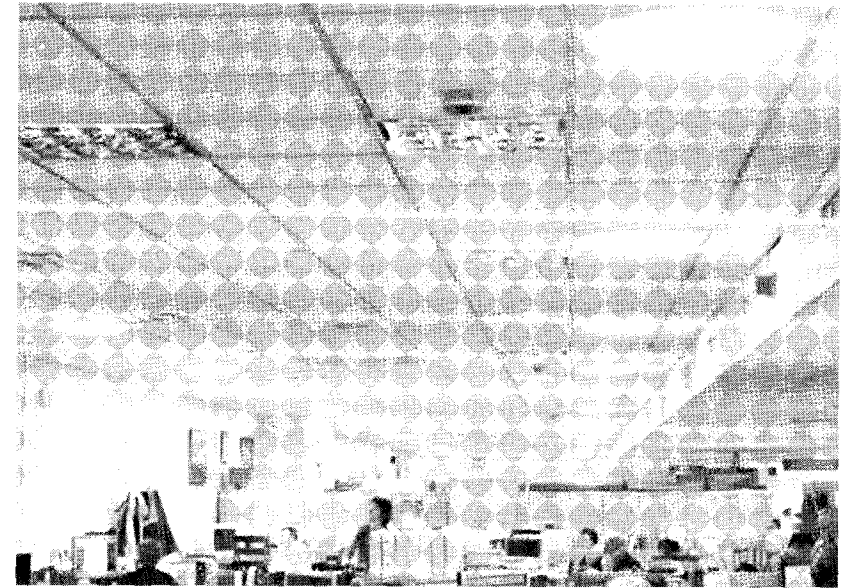
Ada beberapa cara yang dapat digunakan untuk mendistribusikan cahaya alami (*daylight/natural light*) *atau* cahaya matahari langsung (*sunlight*) ke dalam ruangan, yaitu:

1. menggunakan pipa cahaya (*light pipe*) atau sering juga disebut sebagai tabung cahaya.
2. menggunakan heliostat.
3. kombinasi heliostat dan pipa cahaya.

3.4.1 Pipa Cahaya

Light pipe atau pipa cahaya sering juga dikategorikan sebagai *rooflight* karena letaknya yang kerap berada di bagian atas atau atap bangunan. Namun, ada perbedaan yang cukup menonjol antara memasukkan cahaya secara langsung melalui bagian atas bangunan yang sering dilakukan dengan menggunakan *skylight* dengan *light pipe.* Perbedaan terutama terletak pada cara mendistribusikan cahaya di antara keduanya. Pada

skylight, cahaya alami yang berasal dari cahaya matahari dan cahaya langit dimasukkan secara langsung ke dalam bangunan (Subbab 3.3.2) dengan menyediakan bidang transparan sebagai jalan masuk cahaya pada bagian atap/atas bangunan, serta pada bagian langit-langit ruang sebagai jalan keluar cahaya pada ruang dalam. Namun pada pipa cahaya, cahaya akan didistribusikan dengan jarak yang lebih jauh dan dapat menjangkau ruang yang berada pada lantai yang lebih rendah. Cahaya juga dapat dibelokkan sehingga dapat menjangkau ruangan yang tidak berada dalam posisi tegak lurus dengan jalan masuk cahaya pada bagian luar. Gambar 3.20 menunjukkan gambar potongan bangunan yang menggunakan pipa cahaya dalam mendistribusikan cahaya yang berasal dari bagian atas bangunan ke dalam ruang-ruang di dalam bangunan. Dengan dilengkapi bidang-bidang reflektor di dalamnya, pipa-pipa atau tabung-tabung tersebut dapat mendistribusikan cahaya dengan baik, bahkan dengan melipatgandakan intenstitas cahaya sehingga cahaya yang dihasilkan mampu menerangi ruang dalam.

Gambar 3.20 Light pipe. Gambar potongan yang menunjukkan posisi pipa cahaya dalam mendistribusikan cahaya baik secara vertikal maupun dengan cara membelokkan cahaya.
Sumber: Phillips, 2004

Cahaya yang masuk ke dalam ruangan memiliki kualitas yang baik dan memberikan kualitas visual yang baik pula. Cahaya dapat didistribusikan ke dalam ruangan dengan menggunakan berbagai variasi kaca, baik kaca bening, maupun dengan menggunakan prisma sehingga cahaya akan dikeluarkan dengan merata dan lebih lembut.

Gambar 3.21 Interior. Sebuah ruang kantor yang menggunakan cahaya hasil distribusi pipa cahaya, intensitas cahaya yang dihasilkan mampu menerangi seluruh ruangan dengan merata.
Sumber: Brosur Monodraught Ltd, 2010.

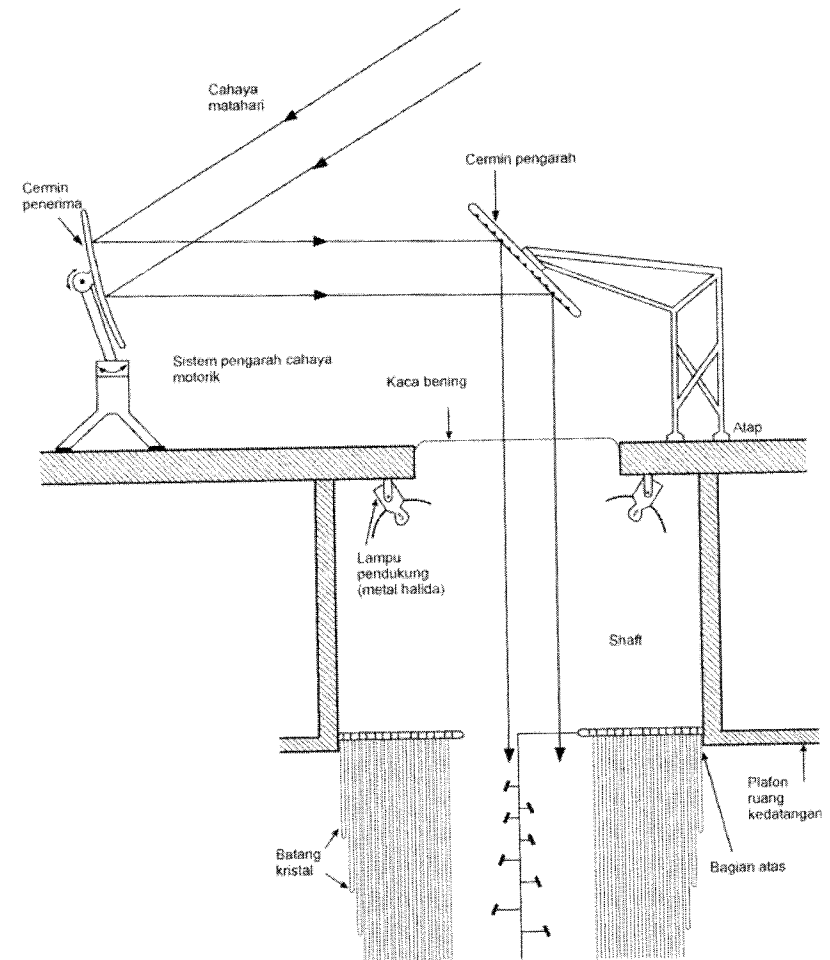
Cahaya yang dihasilkan melalui pipa cahaya harus diperhitungkan dengan tepat untuk memenuhi kebutuhan aktivitas di dalam ruang. Jarak antara output cahaya serta peletakannya terkait dengan kegiatan di bawahnya dipertimbangkan sebagaimana pertimbangan yang dilakukan pada penataan cahaya buatan. Gambar 3.21 memperlihatkan cahaya merata yang dihasilkan pipa cahaya yang mampu menerangi ruang sebuah kantor secara merata dan memenuhi kebutuhan cahaya bagi kegiatan dan pekerjaan harian pada ruang tersebut. Secara visual pun tampilan output cahaya terlihat menyatu dengan penataan ruang dalam, baik pada plafon maupun terhadap elemen ruang lainnya.

3.4.2 Heliostat

Heliostat merupakan sebuah alat yang berperan mengumpulkan dan memantulkan cahaya matahari ke bidang lain untuk ditujukan ke suatu arah tertentu. Selain sebagai alat bantu bagi pencahayaan alami, heliostat juga kerap digunakan untuk mengumpulkan energi matahari (*solar energy*) sebagai pembangkit listrik tenaga surya. Heliostat memiliki *track* yang memungkinkan untuk diarahkan pada arah datangnya cahaya matahari. Dalam perkembangannya, sistem rotasi dengan menggunakan *track* ini banyak dioperasikan secara otomatis mengikuti arah datangnya cahaya.

Keberadaan heliostat sangat membantu, khususnya di lokasi yang memiliki akses yang minim terhadap cahaya matahari. Berbeda dengan sistem pipa cahaya, heliostat lebih optimal dalam menerima cahaya matahari karena sudutnya yang dapat disesuaikan, terutama pada tipe yang otomatis. Namun heliostat lebih optimal apabila bila diletakkan pada bidang datar, atau dengan kata lain pada atap datar. Perlengkapan serta pengoperasiannya akan menyulitkan apabila diletakkan pada bidang miring, terlebih pada atap miring yang memiliki kekuatan terbatas dalam menopang beban. Sedangkan pipa cahaya memiliki beban yang relatif ringan dan dapat disesuaikan dengan kemiringan atap. Pipa cahaya juga dapat disesuaikan dengan struktur atap dan penutup atap sehingga tidak mengganggu kenyamanan di dalam bangunan, serta aman terhadap air hujan yang menerpa atap bangunan.

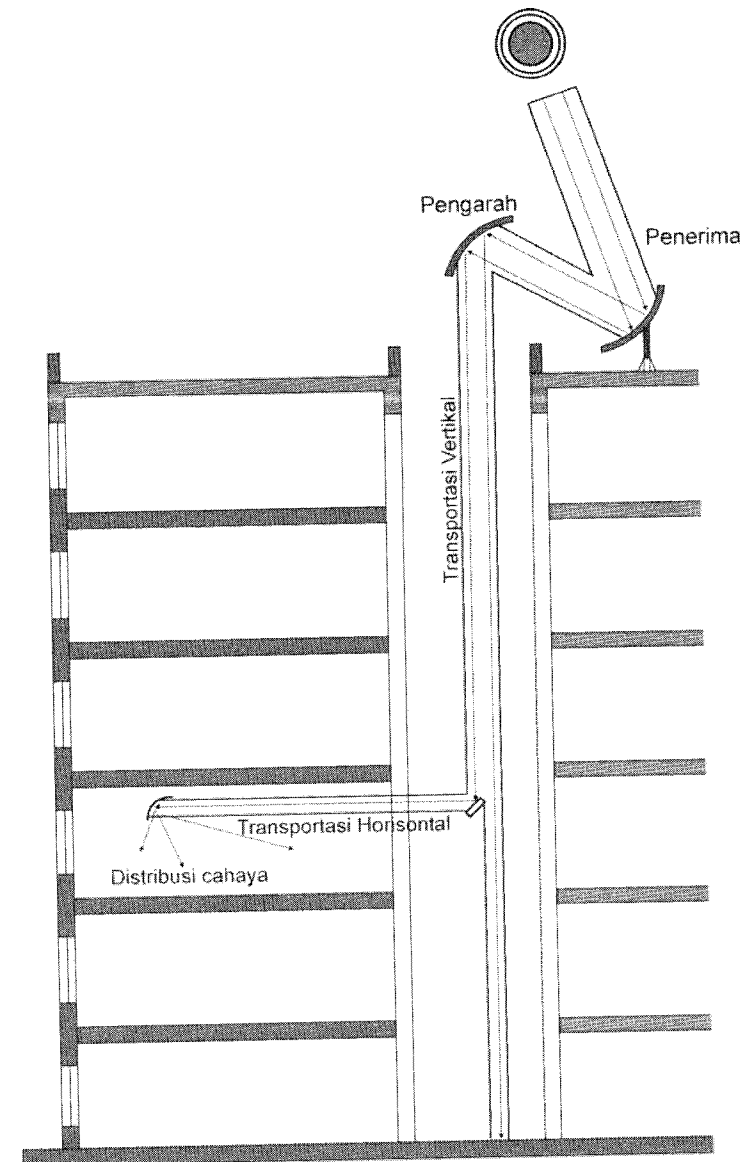
Sebagai penerima atau pengumpul cahaya matahari, heliostat berperan mendistribusikan cahaya menuju bidang pengarah yang kemudian mendistribusikan kembali cahaya ke dalam bangunan. Sebagaimana yang terlihat pada Gambar 3.22, tampak sebuah sistem pencahayaan alami yang menggunakan heliostat motorik. Heliostat tersebut menerima cahaya matahari dengan sistem tracking yang dapat menyesuaikan arah datangnya cahaya secara otomatis. Cahaya yang diterima kemudian didistribusikan ke bidang pengarah yang mendistribuskan cahaya ke dalam bangunan melalui *skylight* berbahan kaca bening. Cahaya yang masuk kemudian disebarluaskan dengan menggunakan batang-batang kristal yang disusun secara vertikal. Peran batang-batang kristal di sini sangat penting dalam menyebarluaskan dan melipatgandakan cahaya yang didistribusikan dari bagian atas bangunan. Dengan demikian cahaya yang masuk ke dalam ruangan merupakan cahaya dengan sebaran merata

dan lebih lembut. Cahaya seperti ini akan menciptakan kenyamanan di dalam ruang, karena tidak menimbulkan silau dan cenderung mereduksi panas yang menyertai cahaya matahari.

Gambar 3.22 Heliostat. Penggunaan heliostat sebagai pencahayaan alami pada Manchester Airport, Inggris.
Sumber: Littlefair, 1996

3.4.3 Kombinasi Heliostat dan Pipa Cahaya

Kemampuan heliostat dalam menerima cahaya serta pipa cahaya dalam mendistribusikan cahaya ke dalam ruang kerap dikombinasikan untuk mendapatkan pencahayaan alami yang optimal. Kombinasi keduanya sangat berguna terutama untuk menjangkau lantai yang paling bawah pada bangunan atau gedung-gedung tinggi. Penggunaan pipa cahaya juga sangat membantu mengoptimalkan cahaya yang dikumpulkan oleh heliostat dan mendistribusikannya ke ruang-ruang secara horisontal (*horizontal transportastion*). Dengan perannya dalam mendistribusikan cahaya dengan baik, pipa cahaya juga sering disebut sebagai elemen transportasi cahaya, baik secara vertikal dari atas ke bawah, maupun secara horizontal menuju ruang-ruang yang sejajar.

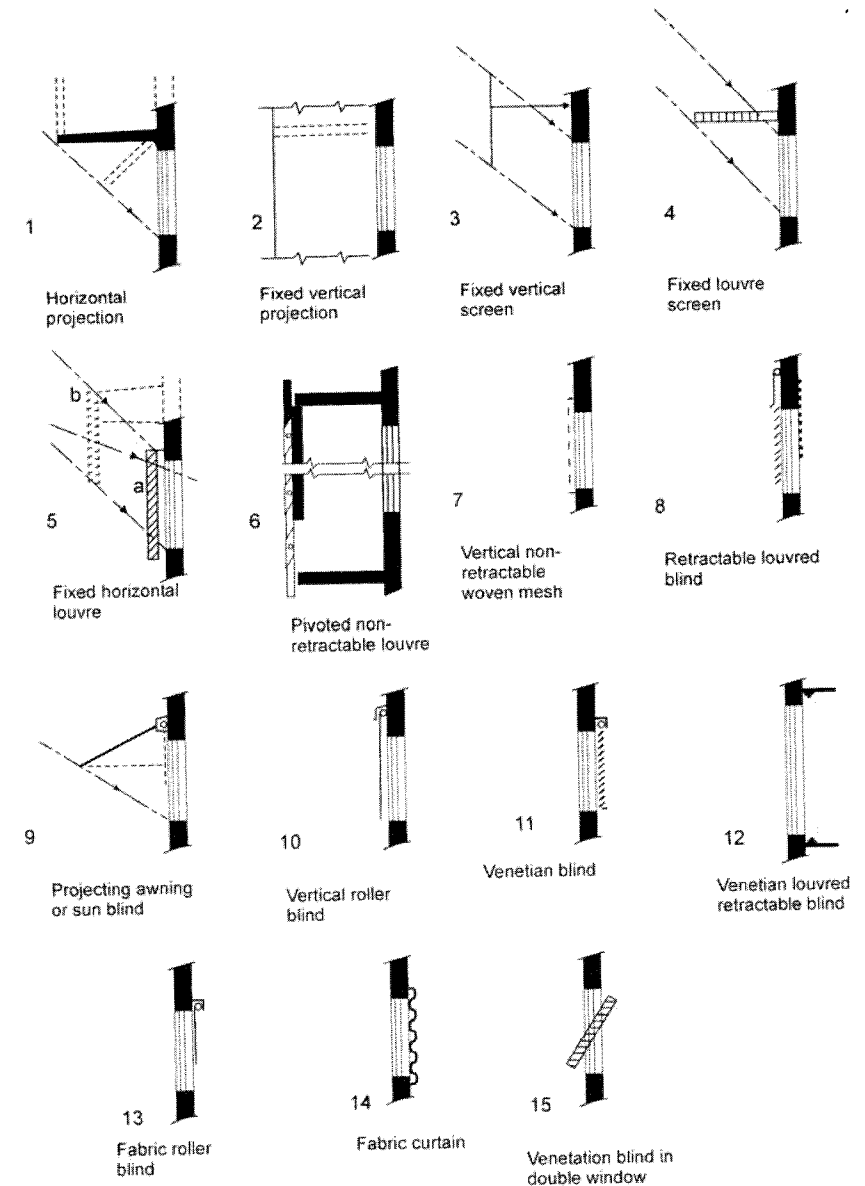
Kombinasi ini sangat baik dalam penyaluran cahaya matahari sebagai penerangan alami, serta tentu saja berperan dalam mereduksi penggunaan energi listrik. Penggunaan heliostat dan pipa cahaya tidak saja berperan dalam mendistribusikan cahaya matahari sebagai sumber penerangan siap pakai, tetapi juga dapat digunakan untuk menyalurkan energi matahari (*solar energy*) untuk kemudian diolah dan disimpan sebagai energi listrik.

Pada Gambar 3.23 terlihat sebuah skema distribusi cahaya matahari pada bangunan berlantai enam. Cahaya matahari yang menyinari bagian atas bangunan ditangkap dan dikumpulkan oleh heliostat yang kemudian mendistribusikannya pada bidang penerima. Kedua bidang reflektor tersebut merupakan bidang cembung yang merupakan bidang terbaik dalam mengumpulkan dan mengarahkan cahaya pada satu fokus tertentu. Pada skema ini, bidang pengarah berperan dalam meneruskan cahaya ke dalam bangunan melalui pipa cahaya yang diletakkan pada sebuah shaft. Pipa cahaya yang tegak lurus dan sejajar ketinggian bangunan ini berperan sebagai sebuah transportasi vertikal bagi cahaya, dan mendistribusikan cahaya secara vertikal dari atas ke lantai-lantai di bawahnya. Melalui transportasi vertikal, cahaya kemudian disalurkan menggunakan pipa cahaya lainnya. Pipa-pipa cahaya horizontal yang sejajar dengan lantai dan plafon ini kemudian disebut sebagai transportasi horizontal. Transportasi horizontal berperan meneruskan cahaya ke tiap-tiap lantai, dan kemudian didistribusikan kembali ke dalam masing-masing ruang sebagaimana pada Gambar 3.21. Distribusi ini menunjukkan pentingnya peran heliostat dan pipa cahaya.

Gambar 3.23 Heliostat dan pipa cahaya. Sebuah sistem pipa cahaya dengan variasi penerima cahaya dan transportasi cahaya .
Sumber: Boubekri, 2008

3.5 Mengontrol Cahaya

Sebagaimana telah dibahas pada bab-bab sebelumnya, cahaya alami memberikan peran besar dalam menciptakan kenyamanan, keamanan dan kesehatan manusia. Cahaya alami juga memiliki peran penting dalam arsitektur, di mana manusia tinggal maupun beraktivitas. Namun cahaya alami memiliki karakter yang berbeda dengan cahaya buatan. Pada pencahayaan buatan, kita dapat menentukan intensitas, arah cahaya, pola cahaya serta sumber cahaya yang diinginkan. Keputusan dalam menentukan faktor-faktor tersebut berpengaruh dalam menciptakan kenyamanan dan estetika bangunan, baik eksterior maupun interior bangunan. Sedangkan cahaya alami yang bersumber dari cahaya matahari dan cahaya yang dipantulkan oleh langit akan masuk ke dalam bangunan dengan intensitas, arah cahaya dan sudut cahaya yang sulit diprediksi. Ini sangat dipengaruhi oleh kondisi eksternal seperti kondisi langit, apakah berawan atau tidak, faktor geografis dan topologi, serta faktor lain yang terdapat di sekitar bangunan.

Dengan intensitas cahaya matahari yang sangat besar, mencapai 10.000 lux bahkan lebih, arsitek atau desainer harus melakukan kontrol terhadap cahaya matahari yang masuk ke dalam bangunan. Kontrol dilakukan agar cahaya yang masuk tidak berlebihan sehingga berdampak pada kenyamanan manusia yang beraktivitas di dalam bangunan. Sesuai dengan fungsinya sebagai kontrol cahaya, tentu cara mengontrol cahaya dan memilih alat kontrol yang akan digunakan, harus disesuaikan dengan kebutuhan cahaya pada ruang yang akan dikontrol.

Saat ini ada banyak variasi alat kontrol seiring berkembangnya teknologi dan gaya arsitektur bangunan. Perkembangan itu tentu berpengaruh pada alat kontrol cahaya mengingat keberadaannya yang sangat penting pada bangunan. Tidak saja secara fungsional, tetapi alat kontrol juga akan memengaruhi bangunan secara visual, baik pada tampilan luar bangunan, maupun pada interior bangunan. Kebutuhan akan tampilan visual ini tentu harus menjadi pertimbangan dalam menentukan alat kontrol yang akan digunakan, karena tampilan visual bangunan akan memengaruhi karakter bangunan secara keseluruhan. Namun esensi dari keberadaannya sebagai sebuah alat kontrol juga tetap harus diperhatikan agar dapat berfungsi dengan baik.

Gambar 3.24 Kontrol. Tipe alat kontrol eksternal (1-10) dan internal (11-15). Sumber: Lighting Guide, LG 10, 1999

Kontrol cahaya matahari terdiri dari dua macam, yaitu:

1. kontrol eksternal, dan
2. kontrol internal

Klasifikasi ini terkait dengan peletakan alat kontrol tersebut, apakah di dalam atau di luar bangunan. Keduanya dapat digunakan secara bersamaan dan kadang kala juga digunakan secara terpisah, tergantung kebutuhan suatu ruang. Hal lain yang perlu diperhatikan adalah keberadaan alat kontrol tersebut harus mempertimbangkan faktor lain, misalnya penghawaan alami dan view ke luar bangunan. Penghawaan alami dan view juga merupakan kebutuhan lain dalam bangunan, dan penempatan alat kontrol yang salah akan mengakibatkan kedua kebutuhan justru terabaikan. View yang baik dari dalam bangunan, misalnya, akan sulit diakses secara visual ketika alat kontrol ditempatkan dan didesain secara tidak tepat. Demikian halnya dengan sirkulasi udara yang terhambat masuk ke dalam ruangan akibat terhalang alat kontrol tersebut. Gambar 3.24 menunjukkan berbagai tipe kontrol yang dapat digunakan pada bangunan, baik diletakkan di luar (eksternal) maupun di dalam bangunan (internal). Pada bagian 1-10 terlihat dengan jelas berbagai tipe alat kontrol eksternal, sedangkan alat-alat kontrol internal ditunjukkan pada bagian 11-15.

Dari sisi keberadaannya pada bangunan, alat kontrol ini juga kerap dikategorikan dalam dua kelompok, yaitu:

1. permanen (*fixed*), menempel pada bangunan dan menyatu secara struktur.
2. dapat digerakkan (*retractable*).

Pada umumnya, kontrol cahaya yang bersifat permanen diletakkan pada sisi luar bangunan, atau dengan kata lain merupakan kontrol eksternal. Ini sangat dipengaruhi oleh kebutuhan alat kontrol yang kuat, menyatu dengan bangunan, tahan terhadap kondisi cuaca, serta mudah dalam perawatannya. Beberapa di antaranya yang paling banyak kita temui adalah *overhang*, sebuah alat kontrol yang kerap dibuat dengan bahan beton dan diletakkan di atas jendela. Overhang berfungsi untuk mencegah masuknya cahaya matahari langsung yang menyilaukan. Namun alat kontrol ini memiliki kelemahan karena sifatnya yang permanen dan tidak dapat diatur sesuai kebutuhan. Selain itu, bentuknya yang masif juga berpotensi menghambat aliran udara ke dalam ruang. Di sisi lain, bentuk

yang masif juga membantu untuk meredam dan mencegah panas masuk ke dalam ruang.

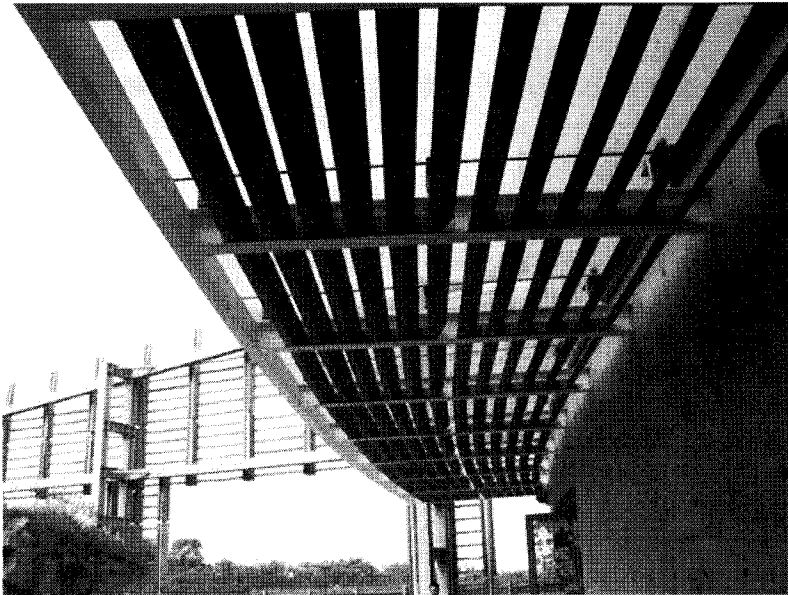
Selain digunakan untuk mencegah masuknya cahaya matahari secara langsung ke dalam bangunan melalui jendela yang berada di bawahnya, overhang juga sering digunakan untuk menciptakan pencahayaan tidak langsung. Dengan membuat bukaan atau bidang transparan di sisi atas overhang, maka akan tercipta pantulan cahaya yang masuk ke dalam ruangan. Cahaya yang dipantulkan oleh overhang akan mengenai langit-langit atau plafon ruang dan akan dipantulkan kembali ke dalam ruang. Cahaya pantulan ini akan menyebar secara merata apabila material plafon merupakan material yang bertekstur atau buram. Cahaya pantulan yang menyebar secara merata akan menciptakan cahaya yang lembut dan nyaman bagi indera penglihatan. Tentu saja ini akan berpengaruh pada kenyamanan dan aktivitas di dalam ruang.

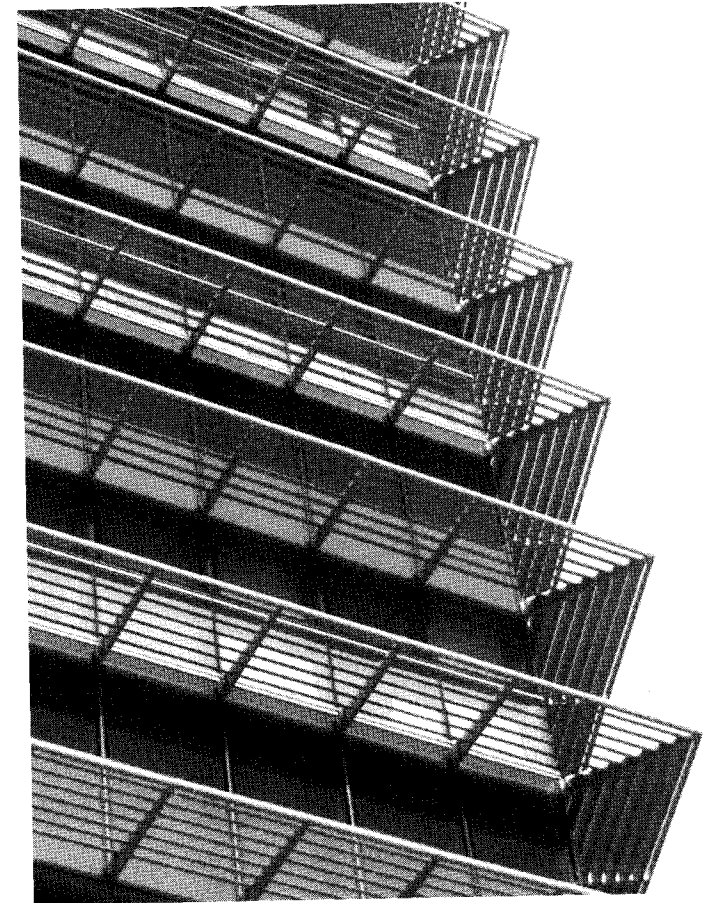
Berbeda dengan overhang yang bersifat masif dan berpotensi menghambat pergerakan udara ke dalam ruang, *louvre* (kisi-kisi) menciptakan akses bagi pergerakan udara. Pada perkembangannya, sistem *louvre* telah banyak digunakan untuk mengontrol cahaya dan di sisi lain tetap memungkinkan terjadinya pergerakan udara ke dalam ruangan. Bentuknya juga sangat mendukung desain bangunan karena dapat disesuaikan dengan mudah, baik material yang digunakan maupun modul yang dipilih. Kebanyakan *louvre* berbahan logam dan kayu dan diletakkan di atas jendela ataupun bidang transparan untuk mencegah terjadinya silau pada ruangan.

Sedangkan pada kontrol internal, alat kontrol yang dapat digerakkan lebih banyak dipilih. Kebutuhan yang berbeda pada tiap ruang akan cahaya, serta perubahan arah cahaya yang terjadi dari waktu ke waktu dengan intensitas yang juga kerap berubah, membutuhkan alat kontrol yang dapat disesuaikan. Teknologi telah membantu dalam operasional alat kontrol semacam ini sehingga sangat mudah dioperasikan. Beberapa bahkan telah menggunakan alat sensor yang bergerak secara otomatis sesuai arah datangnya cahaya matahari. Pada ruang dalam, alat kontrol yang mudah untuk diatur juga sering dipilih karena akan memengaruhi akses visual terhadap pemandangan yang ada di luar ruang. Kebutuhan akan interaksi visual dengan ruang luar menjadi salah satu alasan tipe ini banyak digunakan.

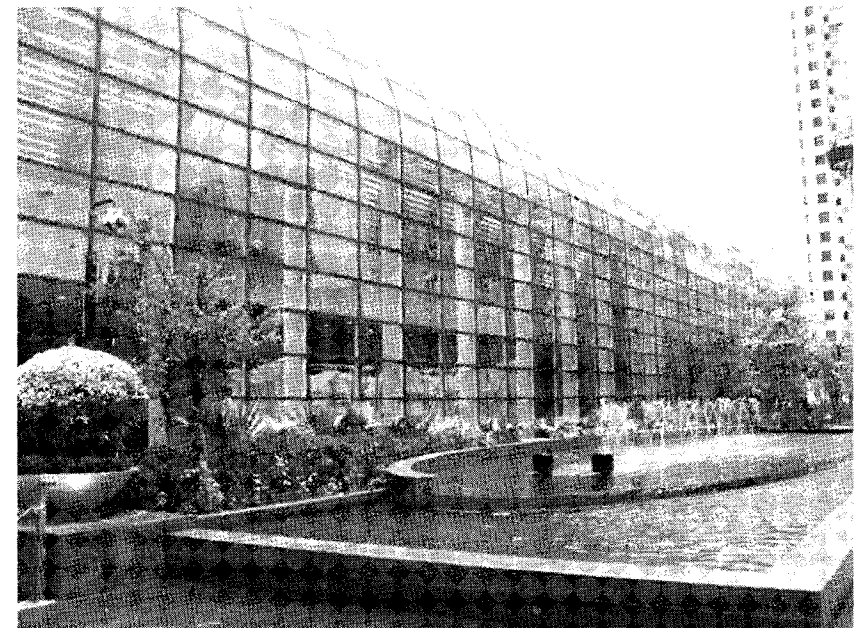
Dari sisi peletakannya, alat kontrol juga sering dibagi ke dalam dua bagian, yaitu:

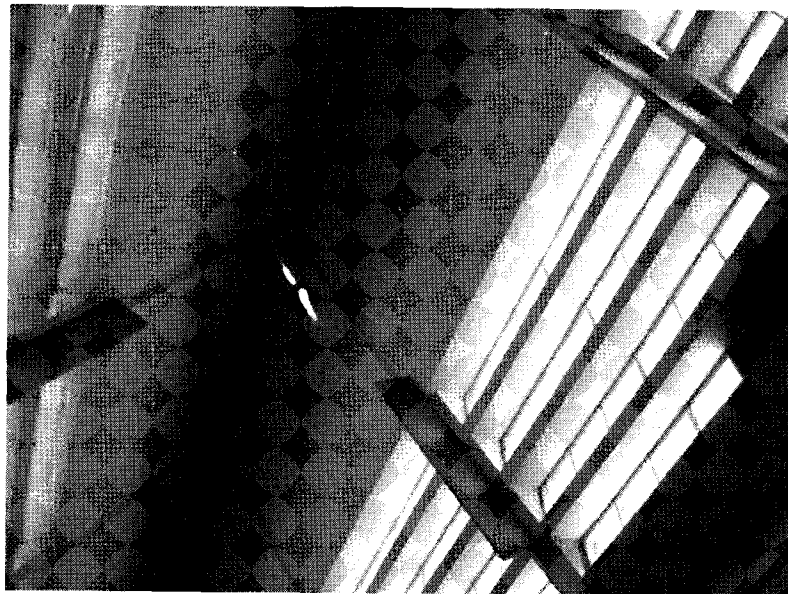
1. vertikal
2. horizontal

Pembagian ini tidak hanya ditemui pada alat kontrol eksternal, tetapi juga pada alat kontrol internal. Pemilihan keduanya didasarkan pada arah datangnya cahaya, serta sudut cahaya yang masuk ke dalam ruangan. Tiap-tiap lokasi dan sisi bangunan dapat memiliki pendekatan yang berbeda dalam menentukan peletakan alat kontrol ini. Namun pada dasarnya pemilihan alat kontrol tentu harus dipertimbangkan secara keseluruhan terhadap desain bangunan, baik secara fungsional, estetika, maupun kenyamanan pengguna ruang. Alat kontrol vertikal lebih efektif dalam mengontrol cahaya matahari yang datang dari samping dan memantulkannya kembali, sedangkan alat kontrol horizontal lebih sesuai untuk mengontrol cahaya yang datang dari atas.

Gambar 3.25 Fixed louvre screen. Salah satu jenis kontrol *louvre* eksternal, mengontrol cahaya, namun tetap memungkinkan pergerakan udara serta akses visual.

Berbeda dengan louvre pada Gambar 3.25 yang terbuat dari material kayu, material yang digunakan pada sebuah gedung perkantoran pada Gambar 3.26 terbuat dari bahan stainless. Pemilihan material juga menjadi hal yang penting, karena faktor cuaca dan iklim akan memengaruhi keawetan alat kontrol. Pada bangunan tinggi, di mana perawatan sulit dilakukan, lebih baik apabila menggunakan material yang tahan terhadap cuaca, korosi, serta mudah perawatannya seperti stainless steel. Selain itu, faktor tampilan bangunan pun patut diperhatikan agar tercipta tampilan bangunan yang kontekstual.

Gambar 3.26 Material louvre. Pemilihan material untuk alat kontrol harus disesuaikan dengan kondisi ruang luar, kemudahan perawatan serta tampilan yang kontekstual dengan bangunan.

Gambar 3.27 Kombinasi. Kombinasi kontrol internal antara fixed louvre dengan *roller blind*.

Untuk mengontrol cahaya matahari yang datang dari sudut-sudut yang berbeda, kombinasi alat-alat kontrol dapat digunakan. Pada Gambar 3.27 terlihat kombinasi antara *fixed louvre* (kisi-kisi) dengan *roller blind* (kontrol berbahan kain yang dapat digulung) pada atrium sebuah mall. Kombinasi ini digunakan untuk mengontrol cahaya yang datang dari sudut berbeda dan dengan karakter yang berbeda. Pada siang hari, cahaya yang datang dari atas atrium akan direduksi dan dipantulkan oleh bidang-bidang *louvre*, sedangkan cahaya sore hari yang datang dari sisi barat akan direduksi menggunakan alat kontrol kain yang berwarna putih dan dapat digulung sesuai kebutuhan. Cahaya matahari yang datang dari sisi barat mengandung radiasi yang tidak baik bagi kesehatan dan juga berbagai furnitur sehingga harus direduksi dengan menggunakan kain, sedangkan cahaya yang lembut masih dapat masuk ke dalam ruangan.

Gambar 3.28 Eksterior. Bagian ruang luar yang berada di bagian atap lantai 7 akses masuknya cahaya ke dalam bangunan (Gambar 3.25).

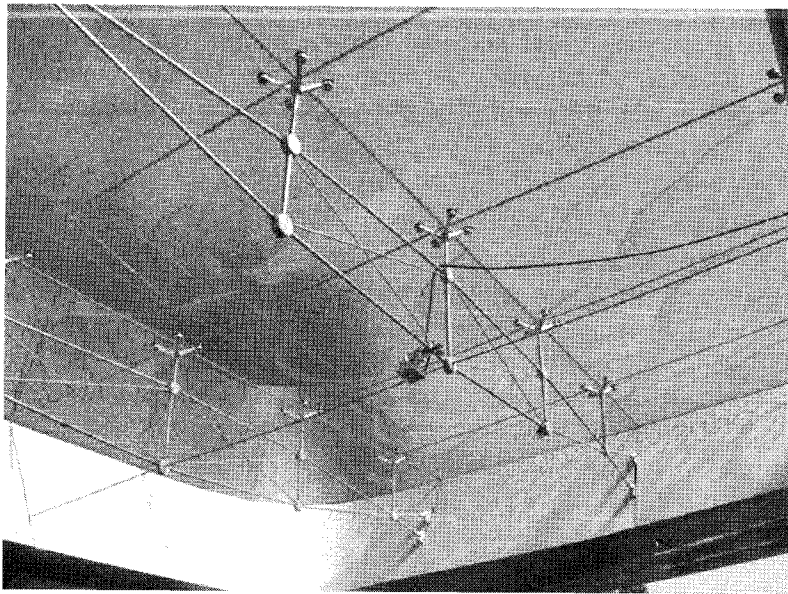
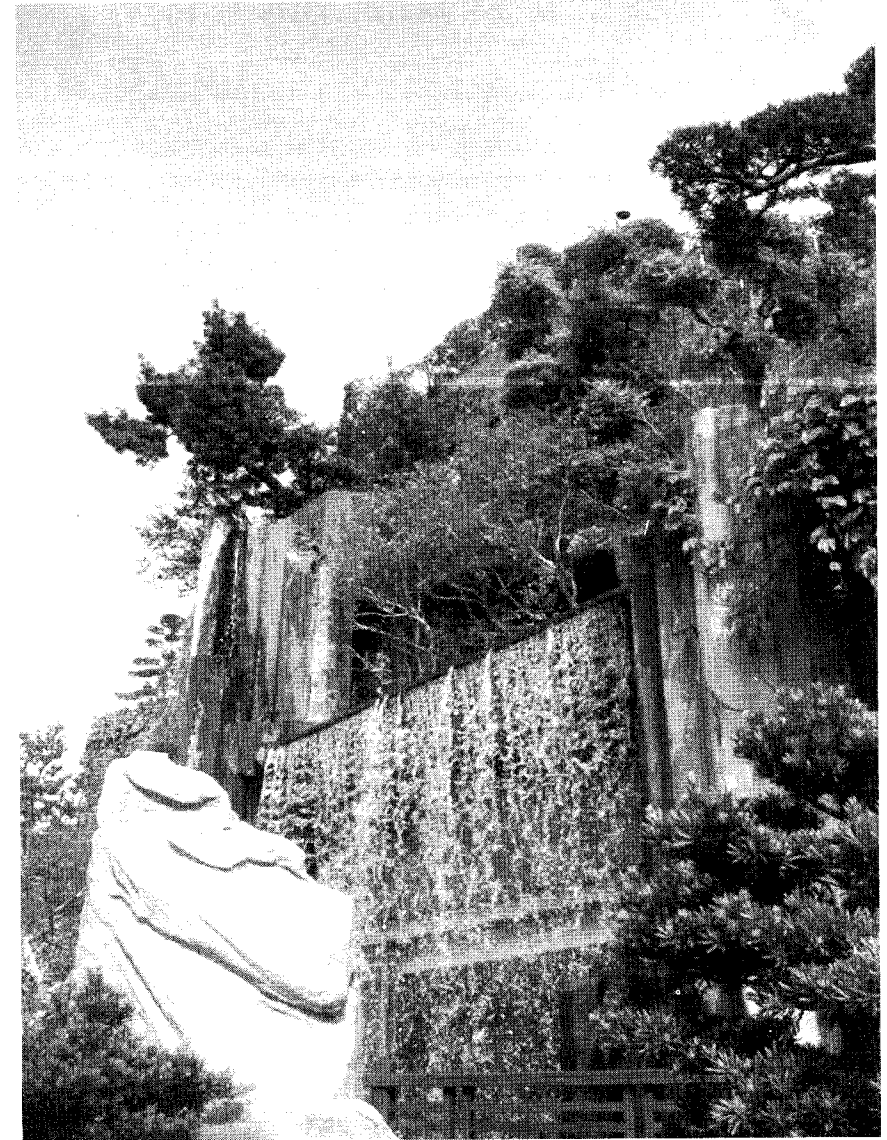
Cahaya yang datang dari arah samping, terutama disebabkan oleh letak geografis maupun orientasi bangunan, dapat dikontrol dan dipantulkan dengan menggunakan bidang vertikal maupun *louvre* vertikal. Keduanya juga dapat dibuat sebagai alat kontrol permanen maupun yang dapat diatur, tergantung kebutuhan desain. Terutama sangat tergantung dari perilaku cahaya matahari, apabila cahaya datang pada sudut-sudut cahaya yang sama sepanjang tahun, maka alat kontrol permanen akan lebih efisien untuk digunakan. Gambar 3.29 (vertikal) menunjukkan sebuah kafetaria yang memanfaatkan pencahayaan alami sebagai sumber cahaya utama pada siang hari. Bidang vertikal yang permanen dipilih karena cahaya yang datang telah diprediksi dan diperhitungkan. Selain itu, ketinggian ruang juga menjadi alasan karena alat kontrol permanen tidak membutuhkan perawatan dan perlakuan khusus.

Gambar 3.29 Vertical projection. Bidang kontrol vertikal di dalam ruang berperan dalam mengontrol dan memantulkan cahaya langsung yang datang dari arah samping.

Selain menggunakan alat kontrol sebagaimana yang telah dibahas di atas, pendekatan dengan menggunakan alat kontrol alami juga dapat dilakukan. Dalam konteks ini, elemen vegetasi merupakan elemen yang paling banyak dan mudah digunakan. Beberapa vegetasi berupa pepohonan cukup sering digunakan sebagai kontrol cahaya yang masuk melalui jendela. Peletakan pohon di luar bangunan dengan tajuk yang rimbun memang dapat menjadi kontrol cahaya yang efektif serta sekaligus dapat memberikan kesejukan dan juga filter bagi debu dan kebisingan. Namun di sisi lain, sifatnya yang organik dan selalu tumbuh dan berkembang membuat alat kontrol ini sulit dikontrol. Seiring tumbuhnya pohon tersebut maka kemampuan dalam mereduksi cahaya pada satu sudut tertentu pun akan berkurang.

Jenis vegetasi yang dapat berperan sebagai kontrol dan relatif mudah untuk dikontrol adalah jenis tanaman rambat. Namun tanaman ini membutuhkan jalur rambatan. Di sini dibutuhkan satu pertimbangan yang matang karena kerapatan antara satu jalur dengan jalur lain akan memengaruhi cahaya yang melaluinya dan masuk ke dalam ruangan. Semakin rapat tanaman rambat maka semakin sedikit cahaya yang dapat melaluinya.

Tanaman jenis ini dapat diletakkan secara vertikal maupun horizontal sesuai desain bangunan. Kerapatannya dapat disesuaikan agar masuknya cahaya dapat dikontrol dengan mudah, tetapi di sisi lain juga tetap memiliki jalur bagi pergerakan udara. Secara keseluruhan penggunaan elemen vegetasi tidak hanya berperan dalam mengontrol cahaya maupun pergerakan udara, namun mampu menciptakan kesan alami yang nyaman. Hal ini penting bagi sebuah bangunan, terutama bangunan yang berada di pusat kota yang dipadati hutan beton. Kehadiran elemen vegetasi tentu membuat suasana yang berbeda dan lebih nyaman. Elemen vegetasi akan menciptakan suasana yang sejuk dan juga dekat dengan alam. Faktor ini yang kerap menjadi pertimbangan ketika memilih vegetasi sebagai alat kontrol cahaya matahari. Namun tentu juga dibutuhkan perawatan agar kondisinya tetap terjaga agar tidak merusak tampilan bangunan.

Selain elemen vegetasi, elemen alam lainnya yang kerap digunakan untuk mengontrol cahaya alami adalah air. Air digunakan terutama untuk mereduksi panas yang menyertai cahaya matahari. Dalam mengontrol cahaya, air kerap digunakan sebagai tirai yang melindungi ruangan dari panas matahari. Air juga tidak jarang dihadirkan dalam melengkapi

bidang transparan seperti dinding kaca untuk menghadirkan kesan natural dan menyejukkan ruangan. Terkait sudut dan arah datang cahaya, elemen air dapat juga diletakkan pada bagian atas bangunan untuk mereduksi energi panas yang berasal dari atas. Tirai air tidak saja berperan mereduksi panas dan cahaya yang berasal dari matahari, tetapi suara yang dihasilkannya akan menciptakan suasana yang nyaman dan membawa pada suasana alam yang indah dan nyaman. Ketika angin berhembus masuk ke dalam ruangan melalui tirai air, maka akan menciptakan kesejukan di dalam ruang tersebut. Namun pengadaan operasional dan perawatan elemen air tentu membutuhkan biaya dan perlakuan tersendiri, sesuatu yang harus dipertimbangkan sejak proses desain.

Gambar 3.30 Elemen air. Elemen air pada bagian atas bangunan berperan mereduksi panas dan cahaya matahari, selain juga menciptakan suasana yang alami bagi ruang di bawahnya.

Gambar 3.31 Tirai air. Penggunaan tirai air sebagai kontrol cahaya alami pada sebuah restauran, sekaligus menciptakan kesan alami yang asri dan nyaman .

4 Membuat Akses Cahaya Alami

Kulit bangunan (*building envelope*) merupakan jalan utama dan pertama bagi masuknya cahaya alami. Pada bagian inilah akses cahaya harus didesain dan dihitung dengan tepat. Keberadaannya tentu berpengaruh pada tampilan bangunan harus menjadi pertimbangan dalam desain. Sebagaimana telah dibahas pada bab-bab sebelumnya, cahaya alami merupakan salah satu unsur penting dalam arsitektur dan juga bagi manusia yang beraktivitas di dalamnya. Cahaya alami yang berasal dari luar bangunan itu harus dimasukkan dengan cara yang tepat agar kenyamanan ruang dapat tercipta. Faktor kesehatan penghuninya pun harus diperhitungkan sebagai salah satu faktor utama, terutama ketika menciptakan akses cahaya bagi hunian, baik rumah tinggal, apartemen, juga hotel.

Akses cahaya memengaruhi banyak hal, tidak hanya pada faktor tampilan sebagaimana esensi sebuah karya arsitektur, namun juga faktor teknis struktural, serta kenyamanan bagi penghuni bangunan tersebut. Pada Bab 3, pembahasan lebih tertuju pada berbagai cara memasukkan cahaya ke dalam bangunan serta bagaimana menyiasati kondisi bangunan yang memiliki askses yang sangat terbatas terhadap cahaya alami. Bab 4 ini membahas permasalahan secara lebih detail mengenai jalan masuk cahaya, material yang digunakan, serta struktur yang dapat digunakan dalam tahap konstruksinya. Tentu saja semua itu tetap mempertimbang-kan faktor-faktor perancangan dan tampilan bangunan, serta faktor kenyamanan pengguna ruang.

Cahaya dapat masuk ke dalam ruangan hanya apabila tidak ada bidang yang menghalanginya. Untuk memasukkan cahaya dapat dilakukan dengan menciptakan bukaan pada kulit bangunan, namun cara ini kerap juga memasukkan hal lain yang tidak diinginkan, misalnya kebisingan, debu, angin, dan sebagainya. Di sisi lain, kebutuhan akses visual ke dalam dan ke luar bangunan juga sangat dibutuhkan, sehingga untuk mencapai tujuan tersebut, material transparan sangat sering digunakan. Kaca merupakan material yang paling banyak digunakan, selain karena dapat memasukkan cahaya dengan baik, kaca juga memiliki banyak

varian, baik dari tingkat tranparansi, warna, sampai pada kekuatan serta kemampuannya dalam mereduksi suara yang masuk ke dalam ruangan.

4.1 Kaca

Kaca merupakan material yang paling banyak digunakan dalam desain pencahayaan alami. Selain memiliki variasi yang sangat beragam, kaca juga memiliki kemampuan yang baik dalam menyalurkan dan menyebarkan serta mereduksi cahaya. Di sisi lain, kaca juga memiliki kekuatan yang cukup besar sehingga mampu menahan beban yang cukup besar, serta mampu bertahan dalam berbagai kondisi cuaca.

Kaca sangat mudah dibentuk sehingga dapat mendukung berbagai desain dan bentuk bangunan, baik sebagai elemen eksterior maupun interior. Pada umumnya kaca digunakan sebagai jalan masuk cahaya ke dalam bangunan, baik sebagai elemen yang terintegrasi dengan dinding pada jendela, sebagai elemen dinding, sebagai elemen yang terintegrasi dengan atap (*skylight*), bahkan sebagai elemen atap. Perkembangan teknologi kaca juga membawa pada terciptanya material kaca yang tahan panas dan api. Perkembangan ini membuat kaca banyak digunakan sebagai dinding pembentuk ruang tangga darurat. Sebagai dinding tangga darurat, kaca digunakan untuk membuat akses visual dari tangga darurat ke ruang luar dan sebaliknya, sehingga keberadaan orang yang melalui tangga darurat dapat dipantau.

Dari sisi perancangan arsitektur, perkembangan desain membawa pada kebutuhan akan dukungan material yang mampu memperkuat karakter desain. Dengan kemudahan membentuk dan memasang kaca, sudah tentu material ini sangat baik digunakan dalam desain bangunan. Bahkan, kaca tidak saja digunakan sebagai elemen pembatas seperti pada dinding, atap dan langit-langit, melainkan juga cukup banyak digunakan sebagai elemen lantai karena kemampuannya dalam menahan beban. Sebagai elemen lantai, terutama pada bangunan bertingkat, tentu akan sangat mendukung untuk meneruskan cahaya yang datang dari atas ke ruangan yang berada di lantai yang lebih rendah.

Menurut Phillips (2004), terdapat 3 (tiga) tipe utama kaca, yaitu:

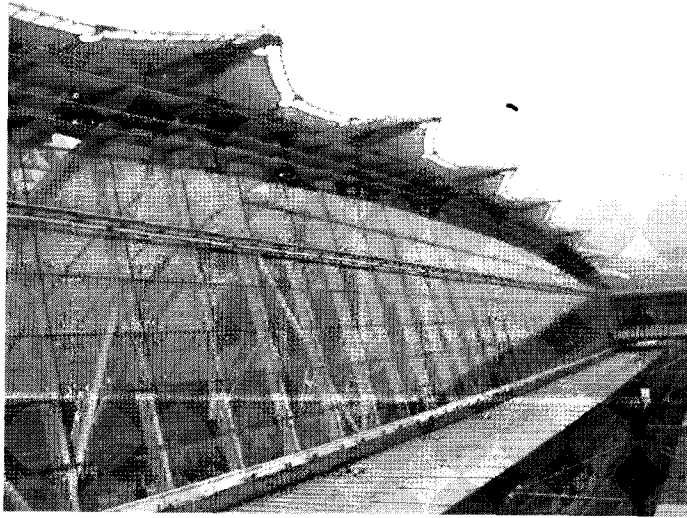
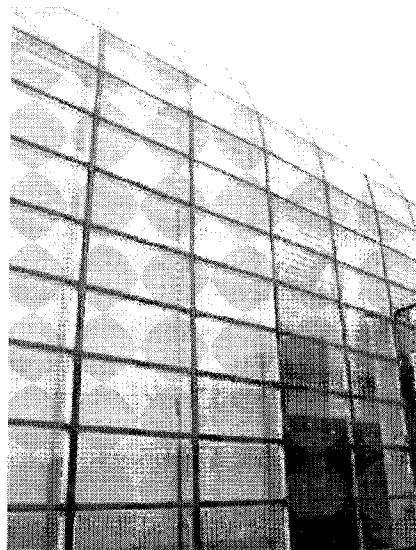
1. *Clear glazing* (kaca bening)
2. *Tinted glass* (kaca berwarna)

3. *Miscellaneous glazing* (jenis kaca lainnya)
   a. *Patterned glass* (kaca berpola)
   b. *Wired glass* (kaca bergaris)
   c. *Glass blocks*

Keputusan membuat akses cahaya alami dengan menggunakan material transparan seperti kaca tentu harus dipertimbangkan dengan tepat. Pertimbangan yang turut memengaruhi keputusan tersebut terkait dengan:

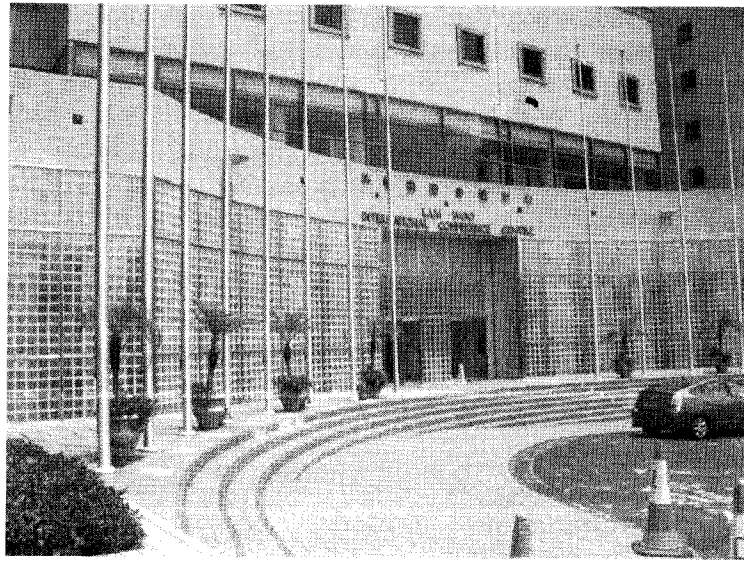
1. Desain, tampilan eksterior dan interior.
2. Kebutuhan cahaya alami.
3. Fungsi ruang.
4. Kondisi termal, terkait dengan sirkulasi udara.
5. Sistem akustik ruang, terutama pada ruang-ruang tertentu.
6. Sifat dan karakter kaca.

Daftar tersebut tentu dapat bertambah panjang bila kebutuhan desain semakin kompleks. Faktor desain kerap menjadi pertimbangan utama dalam menentukan akses cahaya, sehingga seringkali kurang mempertimbangkan faktor cahaya yang masuk serta kenyamanan di dalam ruang. Faktor sifat dan karakter kaca sebagai jalan masuk cahaya justru menjadi hal yang kerap memengaruhi kenyamanan sebuah ruang. Kaca memiliki berbagai varian yang berbeda dalam memasukkan cahaya ke dalam ruang, selain juga berbeda dalam meneruskan atau mereduksi panas. Di sisi lain, kaca juga menjadi faktor penentu dalam menciptakan akses visual antara ruang dalam dan ruang luar.

Dari sisi desain, terlihat perbedaan tampilan bangunan yang diciptakan dengan perlakuan yang berbeda terhadap kaca sebagaimana yang tampak pada Gambar 4.1 dan Gambar 4.2. Pada Gambar 4.1, kaca hadir dengan lebih jernih dan bebas dari struktur yang menghimpitnya. Berbeda halnya dengan yang tampak pada Gambar 4.2, di mana kaca dibagi ke dalam beberapa modul dan secara struktur dijepit oleh frame aluminium. Kehadiran frame tersebut menciptakan pengaruh yang sangat besar secara visual.

Gambar 4.1 Tampilan bangunan. Penggunaan kaca bening pada fasade bangunan selain memengaruhi tampilan bangunan, juga menciptakan akses ke luar dan dalam bangunan.

Gambar 4.2 Modul. Penggunaan kaca dapat menciptakan modul pada fasade bangunan.

Memilih jenis kaca sebagai akses cahaya sepertinya merupakan hal yang sangat sederhana, walau sesungguhnya banyak hal harus dipertimbangkan dengan matang. Secara keseluruhan, tampilan bangunan, kenyamanan ruang, serta fungsi ruang dan aktivitas yang diwadahinya menjadi faktor yang turut memengaruhi. Kaca bening, misalnya, akan memasukkan cahaya dengan kuantitas yang sangat tinggi, namun di sisi lain juga memasukkan radiasi matahari ke dalam ruang sehingga menurunkan tingkat kenyamanan ruang. Perkembangan teknologi bahan bangunan memang telah mampu menciptakan kaca bening yang mampu mereduksi radiasi matahari. Hal ini merupakan sesuatu yang sangat membantu dalam desain bangunan. Kaca bening memiliki kelebihan lain yang kadang kala justru merupakan sebuah kekurangan, yaitu terciptanya akses visual secara langsung ke luar dan ke dalam ruang. Akses visual dibutuhkan untuk menciptakan interaksi antara ruang dalam dan ruang luar, sehingga memberikan orientasi terhadap keberadaan seseorang. Di sisi lain, akses tersebut juga memperkuat hubungan dengan alam dan lingkungan sekitar bangunan.

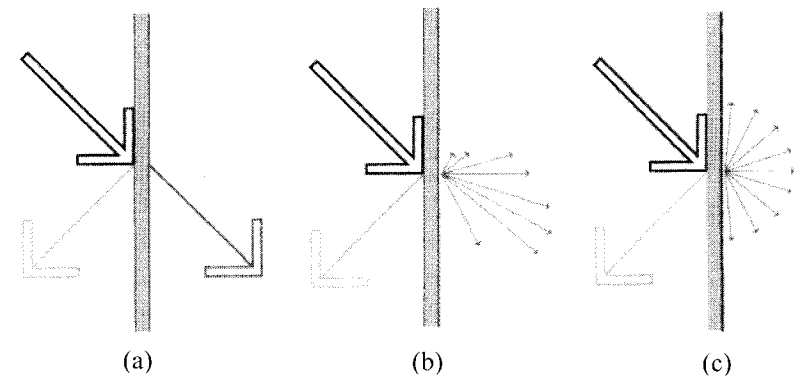
Sementara itu, kaca berwarna dapat memberikan efek visual yang dramatis dan menarik ketika dilalui cahaya. Efek ini sangat menunjang berbagai kegiatan di dalam ruang karena mengurangi kemonotonan dan membuat ruang menjadi lebih hidup. Kaca berwarna juga memiliki kemampuan yang baik dalam mereduksi panas cahaya matahari. Namun di sisi lain, kaca berwarna memiliki kemampuan yang rendah dalam meneruskan cahaya serta memberikan akses visual. Oleh sebab itu, kaca berwarna lebih banyak diletakkan pada sisi bagian atas dinding sehingga lebih berperan dalam menciptakan efek visual dan bukan sebagai akses visual.

Kaca jenis lain (*pattern glass, wired glass, dan glass block*) relatif lebih variasatif pada tampilan serta kemampuannya dalam meneruskan atau mereduksi cahaya dan akses visual. Beberapa jenis kaca memiliki pola yang unik, seperti pola air, es, bergaris, dan sebagainya. Pemilihan pola-pola ini tentu merupakan bagian dari estetika ruang dengan mempertimbangkan konsep penataan interior. Dalam mengakses cahaya, berbagai tipe yang ada memiliki kelebihan dan kekurangan tersendiri dan sangat tergantung pada kebutuhan desain dalam memutuskan jenis yang akan digunakan.

Gambar 4.3 Glassblock. Penggunaan glassblock sebagai bidang permukaan akan memasukkan cahaya secara merata, sekaligus memengaruhi tampilan bangunan

Gambar 4.4 Akses visual. Salah satu tipe glassblock memungkinkan terciptanya akses visual dari dalam ke luar dan menghindari terciptanya akses visual dari luar ke dalam bangunan.

Untuk itu di dalam memilih jenis kaca yang akan digunakan sebagai akses cahaya, kita perlu mengetahui sifat-sifat yang dimiliki oleh kaca dan material transparan lainnya. Sifat yang berbeda dalam memasukkan, mereduksi dan meneruskan cahaya akan berpengaruh pada kuantitas dan kualitas cahaya. Tentu saja hal ini juga berpengaruh pada kualitas ruang dan aktivitas yang diwadahinya.

4.1.1 Sifat Bidang Transparan

Sifat material yang digunakan sebagai akses cahaya sangat berpengaruh pada transmisi cahaya ke dalam ruangan. Kesalahan dalam memilih jenis kaca yang digunakan akan menciptakan kondisi visual yang tidak sesuai dengan apa yang diharapkan. Gambar 4.5 menunjukkan tiga jenis material transparan yang meneruskan cahaya ke dalam ruangan dengan tiga cara berbeda. Transmisi langsung akan meneruskan cahaya sesuai sudut datang ketika menembus bidang transparan. Jenis kaca seperti ini menciptakan akses cahaya secara langsung dari sumber cahaya ke dalam ruang tanpa mengalami hambatan. Namun jenis ini juga akan menciptakan silau pada indera penglihatan karena cahaya yang datang langsung menerpa dan menembus ke dalam ruang.

Gambar 4.5 Tingkat transparansi dan jenis material memengaruhi arah dan sebaran cahaya; (a). transmisi langsung (b). transmisi menjalar, (c). transmisi menyebar.
Sumber: Steffy, 2002

Sedangkan bidang transparan dengan transmisi menjalar akan memasukkan cahaya ke dalam ruangan dengan kondisi yang berbeda. Sebagian cahaya memiliki akses lebih kuat dibanding yang lain. Kaca atau bidang transparan lain dengan transmisi menyebar akan menciptakan cahaya yang merata dan tidak menyilaukan karena sumber cahaya datang dari berbagai arah. Kondisi ini sangat berbeda dengan cahaya yang datang dari jenis kaca dengan transmisi langsung. Transmisi menyebar akan menciptakan cahaya yang lebih lembut dengan intensitas yang merata. Namun biasanya kaca jenis ini memiliki keterbatasan dalam memberikan akses visual ke luar ruangan.

4.1.2 Jenis Bidang Transparan

Kaca merupakan bidang transparan yang sangat poluper digunakan sebagai akses cahaya. Selain karena sifat dan jenisnya yang beragam, kaca juga memiliki berbagai macam ketebalan sehingga dapat digunakan pada berbagai kondisi struktur bangunan. Namun kaca bukan satu-satunya material transparan yang dapat digunakan untuk akses cahaya. Cukup banyak material lain yang dapat digunakan. Pemilihan material yang akan digunakan tentu terkait dengan kebutuhan desain serta karakter dari material tersebut. Pada Tabel 4.1 dijelaskan berbagai material transparan dengan karakter dan sifatnya dalam menghantar dan memantulkan cahaya. Data pada tabel ini memberitahu kita jenis material transparan yang tepat untuk desain yang telah dibuat.

Material-material tersebut tidak hanya berperan dalam menghantar, mereduksi, serta memantulkan cahaya, tetapi juga dalam menciptakan kesan visual yang kuat, baik pada eksterior maupun interior bangunan. Memilih material yang tepat dalam menunjang tujuan desain tentu harus dilakukan dengan mempertimbangkan desain secara keseluruhan. Pola kaca yang beragam dengan variasi warna yang juga beragam tentu akan sangat berpengaruh pada kondisi visual bangunan, terlebih ketika bidang tersebut mendominasi bidang vertikal bangunan. Tanpa pertimbangan desain yang holistik, kehadiran material tersebut akan merusak tampilan dan karakter bangunan, baik pada ruang luar maupun pada ruang dalam.

Tabel 4.1 Bahan-bahan tembus cahaya

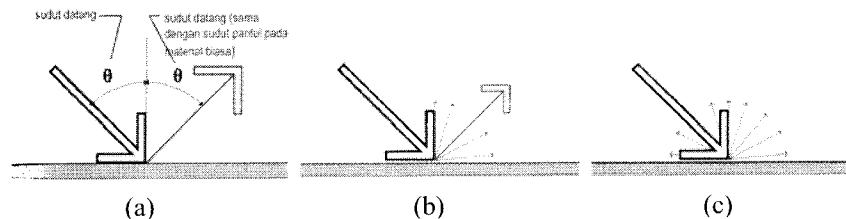
Bahan	Tebal mm	Transmisi hantaran %	Refleksi pantulan %	Absorpsi serapan %	Tingkat penyebaran cahaya
kaca polos terang	1-4	90-92	6-8	2-4	sangat lemah
kaca prisma	3-6	90-70	5-20	5-10	kuat
kaca ornamen	3-6	90-60	7-20	3-20	lemah
(cahaya pada sisi					
halus)	2-3	78-63	12-20	10-17	lemah
kaca mat est					
(cahaya pada sisi	2-3	66-36	31-54	3-10	kuat
halus)	11-13	30-17	54-62	16-21	kuat
kaca opal	5-8	47-21	37-48	16-25	sedang
albaster murni	1-2	55-35	35-50	10-15	sedang
kaca termoluks	tipis	70-30	30-60	2-8	sedang
putih kertas pergamen					
serat-serat putih					
(sutera, katun)					

Sumber: Mangunwijaya, 2000

4.2 Material Permukaan

Cahaya memiliki sifat yang sangat unik, yaitu akan terus dipantulkan selama ada bidang pemantul yang dikenainya. Dalam menciptakan kondisi pencahayaan alami yang baik, tidak cukup hanya mempertimbangkan masuknya cahaya ke dalam bangunan, namun juga dengan mempertimbangkan kondisi di dalam bangunan secara keseluruhan.

Setelah memberikan akses bagi cahaya untuk masuk ke dalam ruangan, maka pertimbangan terhadap jenis material permukaan yang terdapat di dalam ruangan juga harus diperhatikan. Bidang permukaan dapat berupa lantai, dinding dan langit-langit. Ketiga elemen tersebut merupakan bidang permukaan yang menjadi bagian dalam bangunan. Untuk menghasilkan pencahayaan alami yang baik maka ketiga bidang permukaan tersebut harus menjadi bagian dalam desain. Ketiganya akan menjadi bidang reflektor bagi cahaya alami yang masuk sehingga karakter ketiganya harus dipertimbangkan secara bersamaan dengan konsep pencahayaan alami yang dibuat. Material yang digunakan pada ketiga elemen tersebut akan memengaruhi bagaimana cahaya dipantulkan, disebar, atau bahkan direduksi. Gambar 4.6 menunjukkan

tiga sifat material dalam memantulkan cahaya, yaitu: pantulan spekular, di mana cahaya dipantulkan dengan sudut yang sama terhadap cahaya yang datang; pantulan semi-spekular, sebagian cahaya dipantulkan dengan sudut pantul sama dengan sudut datang, dan sebagian lainnya dipantulkan secara menyebar; dan pantulan menyebar, di mana seluruh cahaya dipantulkan secara menyebar ke berbagai arah. Selain sifat pantulan tersebut, faktor warna dan tingkat kilap material juga berperan dalam memantulkan cahaya. Warna terang tentu memantulkan cahaya lebih baik dibandingkan warna yang lebih gelap. Demikian halnya dengan material yang mengilap, akan memantulkan cahaya dengan lebih baik dibanding material yang buram.

Gambar 4.6 Arah pantulan cahaya sangat ditentukan oleh tekstur permukaan: (a). pantulan spekular, (b). pantulan semi-spekular, (c). pantulan menyebar.
Sumber: Steffy, 2002

Pada Tabel 4.2 dapat kita lihat beberapa jenis material dan kemampuannya dalam menyebarkan dan memantulkan cahaya. Beberapa di antaranya kerap digunakan sebagai material dan finishing pada bidang permukaan di dalam bangunan, baik sebagai elemen vertikal (dinding), maupun sebagai elemen horizontal (lantai dan langit-langit). Dengan mempertimbangkan ketiga elemen tersebut sebagai bagian dari konsep pencahayaan alami, maka cahaya alami yang masuk dapat diteruskan dan didistribusikan dengan baik, serta menunjang berbagai kegiatan yang ada di dalamnya. Dengan demikian tujuan perancangan pencahayaan dapat dicapai.

Tabel 4.2 Bahan-bahan tidak tembus cahaya

Bahan	Refleksi %	Kemampuan penyebaran cahaya	pemantulan
aluminium sangat mengkilau	80-85	sangat lemah	kuat
aluminium mat/buram	55-65	kuat	sangat lemah
email putih	65-75	sedang	lemah
gips putih segar	85-95	kuat	sangat lemah
kertas putih buram	70-80	sedang	lemah
kertas putih mengkilau	70-80	lemah	sedang
cermin kaca	80-88	sangat lemah	kuat
perak dipoles	90-92	sangat lemah	kuat
granit	20-25	lemah	
batu kapur	35-55	sedang	
kayu mahoni dipoles	6-12	lemah	
plesteran kapur putih	40-45	sedang	
plesteran cat gelap	0-25	sangat lemah	
bahan hitam	0-0,5	sangat lemah	
kayu kasar	0-40	lemah	
batu bata (basah)	8-30	lemah	
batu bata (kering)		sedang	
beton kasar	20-30	kuat	
genting merah baru	10-15	kuat	
genting kotor	5-10	kuat	

Sumber: Mangunwijaya, 2000

4.3 Konstruksi Kaca

Pada umumnya konstruksi kaca harus mempertimbangkan kekuatan kaca tersebut, baik kaca sebagai elemen pembatas ruang atau terlebih ketika kaca berperan sebagai elemen struktur, misalnya sebagai lantai yang harus menahan beban di atasnya. Namun hal lain yang tidak dapat diabaikan adalah faktor tampilan visual, karena tak dapat dipungkiri bahwa arsitektur merupakan sebuah produk visual, sehingga kehadirannya juga harus dipertimbangkan secara visual.

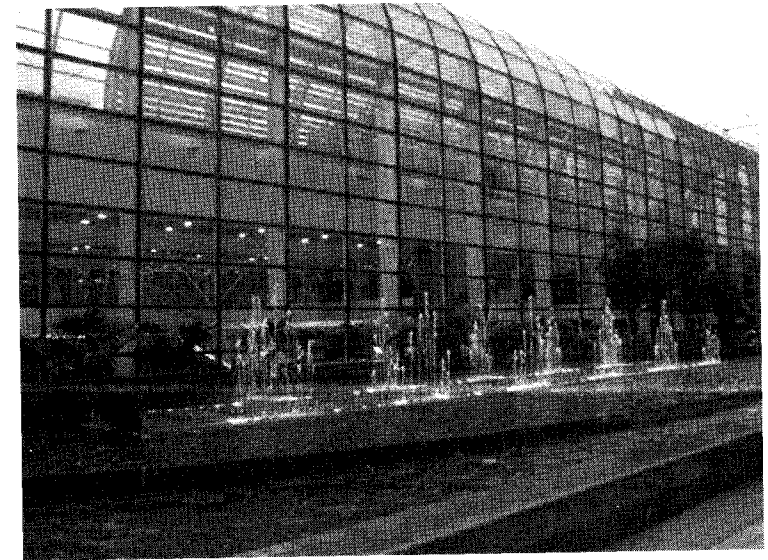
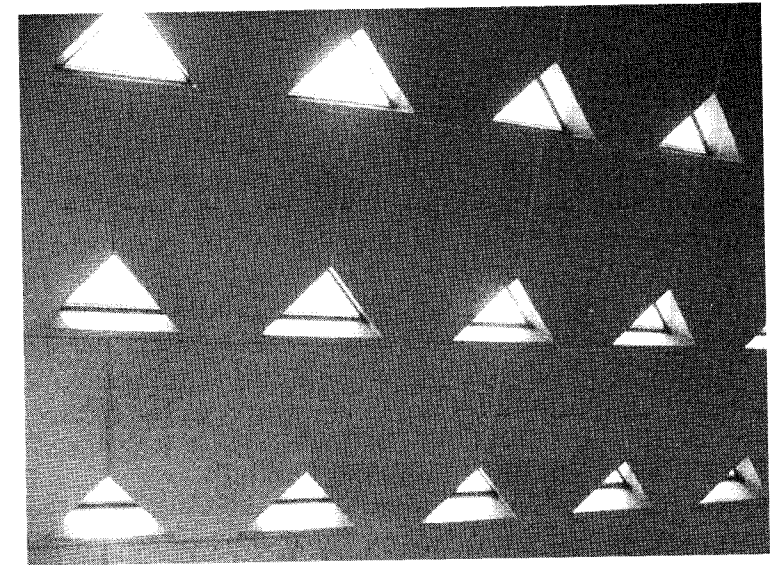
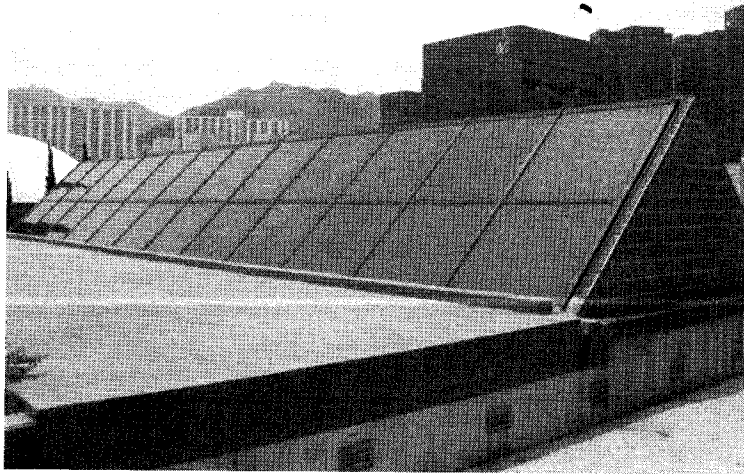
Dalam konteks ini, konstruksi yang digunakan dalam pemasangan kaca sebagai elemen pencahayaan alami tentu akan memengaruhi tampilan visual bangunan. Dari sisi tampilan, setidaknya ada dua hal yang kerap menjadi pertimbangan dalam memasang kaca, yaitu:

1. Menggunakan frame
2. Tanpa frame (*frameless*)

Keduanya tentu memiliki kelebihan dan kekurangan masing-masing, namun dari sisi desain faktor yang penting diperhatikan tentu saja konsep dan tujuan perancangan itu sendiri. Dengan memahami konsep dan tujuan perancangan, maka akan lebih mudah untuk menentukan sistem pemasangan yang akan digunakan.

4.3.1 Menggunakan Frame

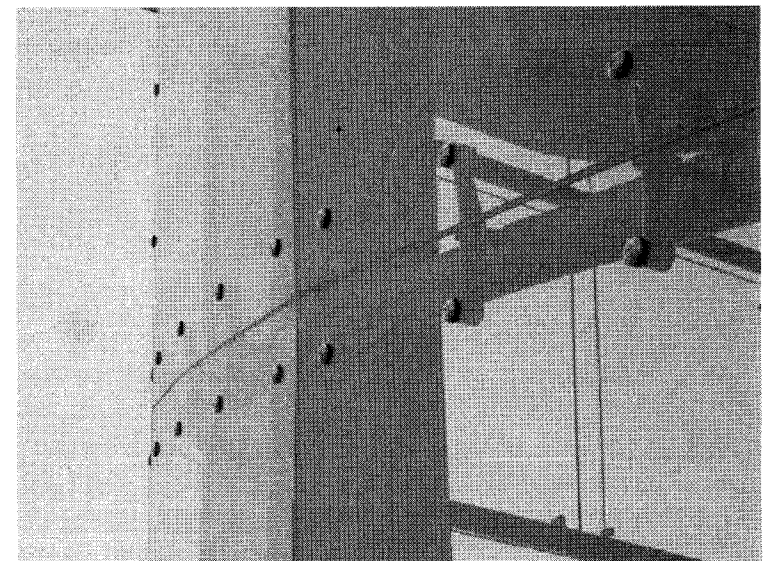
Frame (kusen) sebagai sistem struktur dalam pemasangan kaca sudah lama digunakan. Kusen ini digunakan untuk menjepit kaca pada seluruh sisinya sesuai polanya. Pola segi empat merupakan pola yang sangat umum digunakan dalam desain dan pemasangan kaca. Selain karena membentuk pola grid yang teratur, juga lebih terintegrasi dengan bangunan. Pola ini relatif mudah dalam tahapan konstruksi maupun pemasangannya, di samping tidak membuang ruang dengan percuma. Berbeda dengan pola segi empat, pola segitiga membuat banyak ruang yang terbuang walau menciptakan tampilan yang lebih dinamis (Gambar 4.8). Di sisi lain, pola lingkaran membutuhkan perlakuan yang lebih khusus karena frame harus dibentuk terlebih dahulu mengikuti pola dan ukuran yang dikehendaki.

Penggunaan frame selain bertujuan sebagai bagian dari sistem struktur kaca, menjaga agar kaca tetap pada tempatnya, juga berpengaruh pada tampilan bangunan. Frame akan membentuk garis yang tegas pada bidang-bidang yang membentuk bangunan dan menciptakan karakter tersendiri pada desain. Oleh karena itu, pemakaian serta penempatan frame harus dipertimbangkan sejak awal agar mendukung konsep perancangan arsitektur yang sudah dibuat. Bahkan frame akan mendomiasi ruang visual ketika dia dihadirkan dengan warna yang dominan.

Gambar 4.7 Pola segiempat. Pola ini menciptakan bentuk yang lebih teratur dan mudah dalam pemasangannya karena membentuk pola grid.

Gambar 4.8 Pola segitiga. Pola segitiga menciptakan pola yang lebih dinamis dan 'bergerak' namun membuat banyak ruang yang terbuang.

Gambar 4.9 Skylight dengan frame. Pemasangan kaca pada skylight dengan menggunakan frame akan menciptakan tampilan yang lebih tegas.

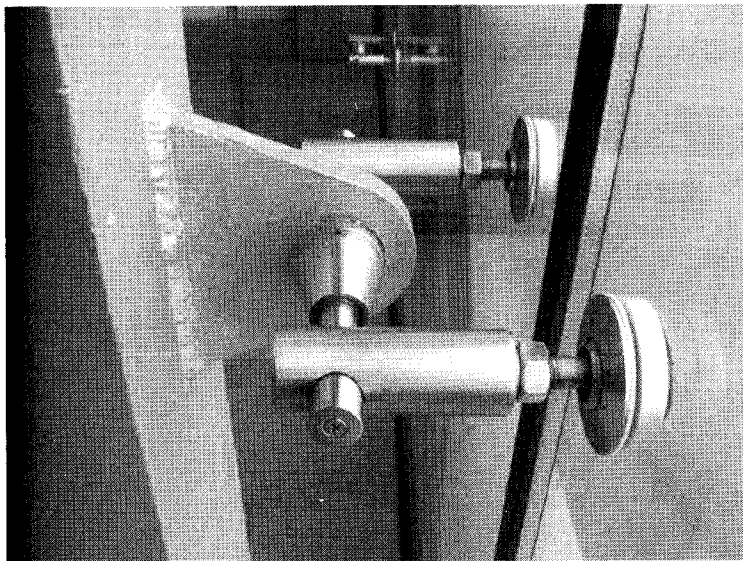
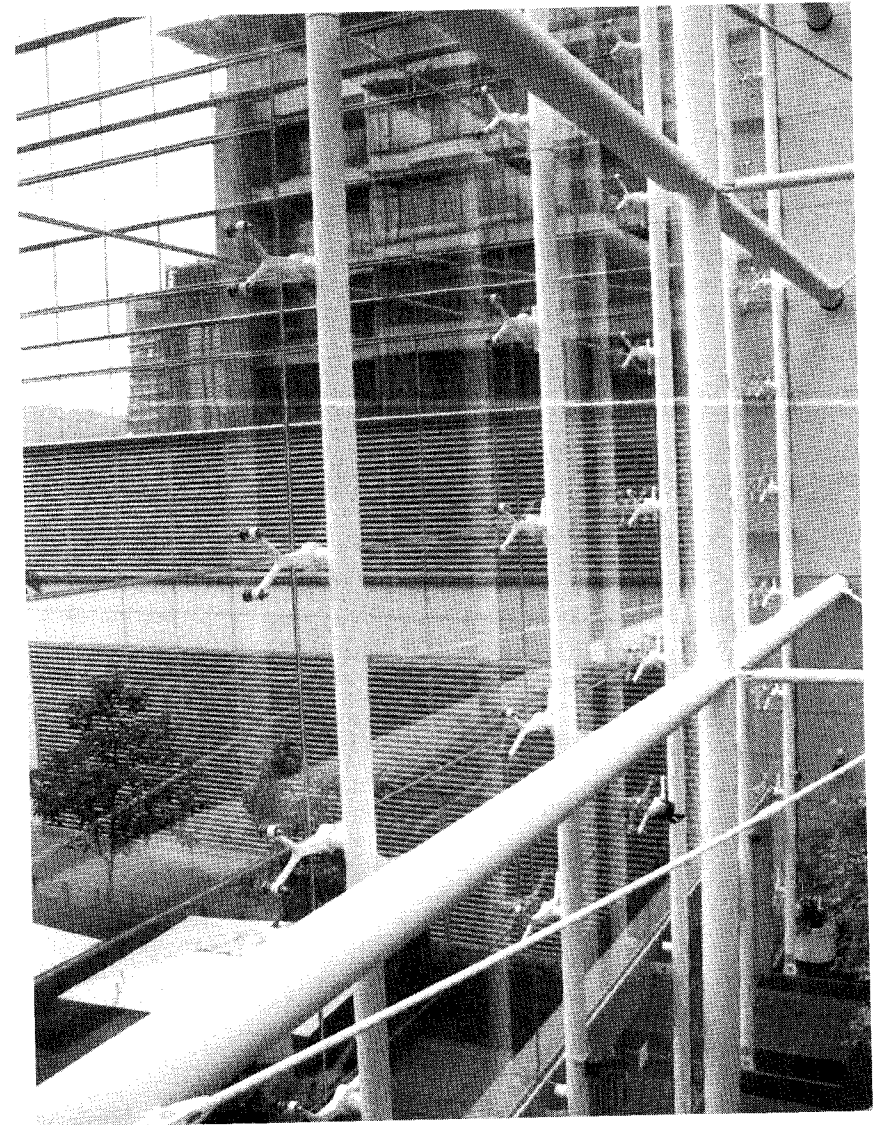
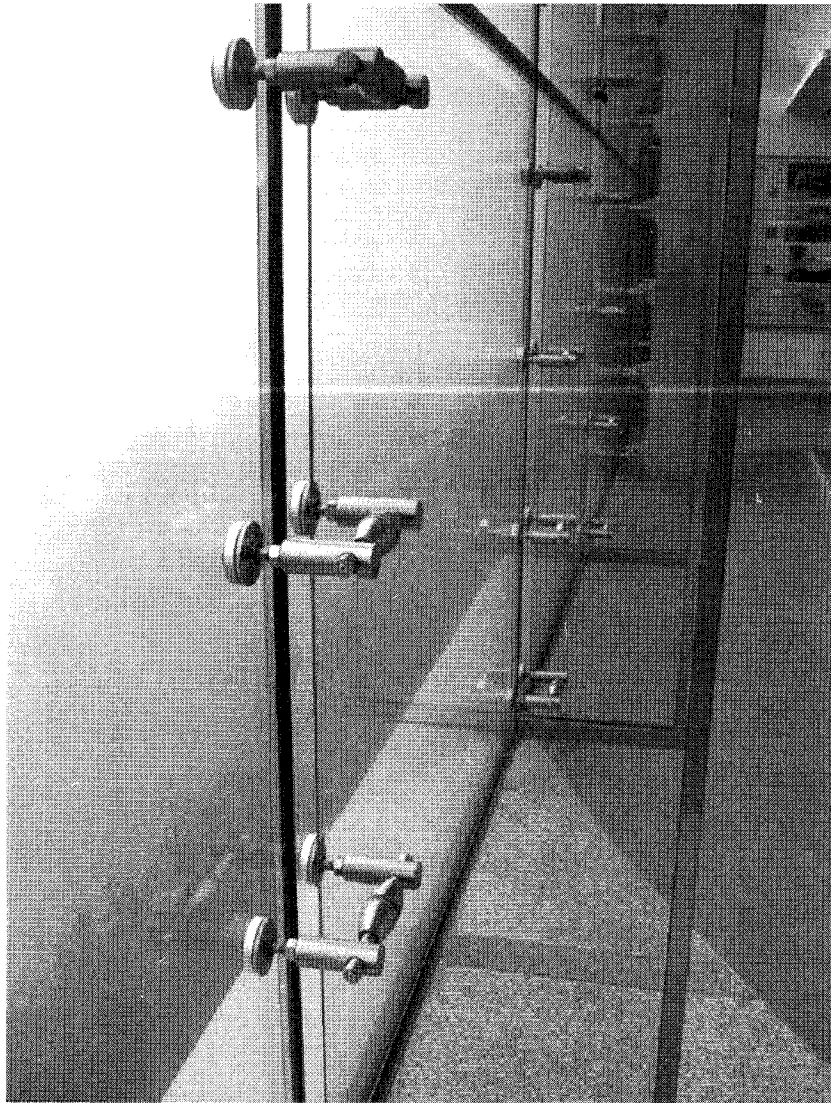
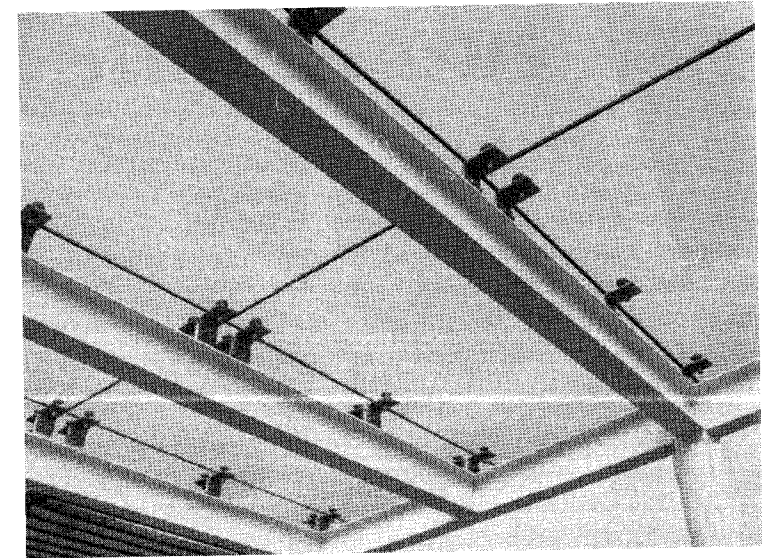
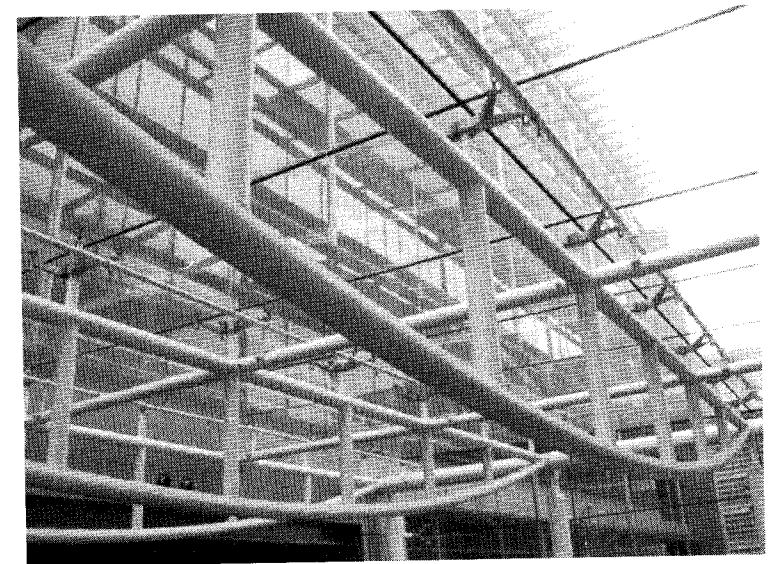
Selain digunakan pada jendela dan bidang transparan lain yang terintegrasi dengan dinding, frame juga sering digunakan sebagai sistem struktur kaca pada atap dan *skylight*. Penggunaan frame pada bagian atas bangunan ini terkait erat dengan kekuatannya, karena beban yang diterima akan lebih besar terkait posisi kaca dan gaya gravitasi. Namun sebagai bagian dari atap, pertemuan antara frame dan kaca harus mendapat perlakuan khusus sehingga tidak dapat dilalui air. Posisi ini rentan terhadap masuknya air hujan melalui celah yang terbentuk di antara kaca dengan frame. Untuk itu pertemuan kedua material ini membutuhkan perkuatan yang dapat dilakukan dengan menambahkan material lain seperti karet. Selain berperan mencegah masuknya air ke dalam bangunan, karet juga untuk mencegah terjadinya gesekan antara frame dengan kaca, baik akibat pemuaian maupun akibat gerakan yang terjadi pada bangunan. Dengan cara itu kaca memiliki ruang gerak yang lebih aman karena dilindungi oleh karet yang elastis.

4.3.2 Tanpa Frame (Frameless)

Berbeda dengan struktur frame, struktur tanpa frame (*frameless*) tidak menjepit kaca pada bagian sisi-sisinya, melainkan pada bagian bidang atau bagian tengah kaca dengan arah tegak lurus terhadap bidang kaca. Sistem struktur ini menghasilkan tampilan visual yang lebih jernih, terutama dari sisi luar bangunan karena tidak menciptakan elemen garis yang mendominasi fasade sebagaimana yang terjadi ketika menggunakan frame.

Secara prinsip kedua sistem tersebut memiliki kesamaan dalam menjaga kaca agar tetap stabil pada tempatnya, yaitu dengan menjepit kaca. Namun perbedaan terletak pada sisi yang dijepit. Struktur frameless atau banyak dikenal dengan sistem konstruksi spider (*spider construction fitting*) menjepit kaca pada bidangnya dengan menembus kaca ke bidang di sisi yang berbeda. Sistem ini memiliki kekuatan yang lebih besar karena tidak terbatas pada panjang dan lebar kaca sebagaimana pada sistem yang frame. Kekuatan dan jarak struktur tidak ditentukan oleh dimensi kaca, namun ditentukan modul dan jarak spider.

Gambar 4.10 Frameless. Penggunaan struktur kaca frameless menciptakan tampilan visual yang lebih jernih.

Gambar 4.10 memperlihatkan tampilan fasade bangunan yang menggunakan sistem spider atau frameless yang menciptakan tampilan yang jernih dan lebih bersih. Sistem ini semakin banyak digunakan terkait dengan konsep minimalis yang semakin populer. Di sisi lain, penggunaan sistem spider juga memudahkan dalam perawatan bangunan karena relatif lebih mudah dibersihkan, terutama pada sisi luar.

Bentuk struktur yang sangat beragam juga memungkinkan variasi yang lebih fleksibel dalam desain bangunan. Sistem ini juga dapat menggunakan berbagai sistem struktur sebagai struktur utamanya, baik baja (Gambar 4.11), kayu, beton, bahkan kaca sebagaimana pada Gambar 4.13. Kemudahan dalam proses pemasangannya merupakan salah satu kelebihan yang dimiliki sistem struktur spider, selain kekuatan serta variasi bentuknya. Selain dapat digunakan pada elemen dinding, sistem spider juga banyak digunakan sebagai sistem konstruksi kaca pada bagian atap atau skylight (Gambar 4.14 dan Gambar 4.15).

Gambar 4.11 Struktur baja. Sistem spider dapat diletakkan pada kolom baja sebagai sistem struktur utama sehingga menciptakan sistem struktur yang lebih kuat dalam menahan beban kaca.

Gambar 4.12 Struktur spider pada bidang fasade yang lebih lebar dan tinggi membutuhkan sistem struktur rangka yang kokoh.

Gambar 4.13 Kaca sebagai struktur. Kaca dapat digunakan sebagai struktur utama yang menahan beban kaca yang lain dengan penggunaan spider. Sistem struktur ini akan menciptakan tampilan yang lebih jernih tanpa kehadiran baja dan beton.

Gambar 4.14 Spider pada atap. Penggunaan sistem spider pada elemen atap semakin memperkuat karakter bangunan dan memungkinkan bentangan yang lebih besar.

Gambar 4.15 Bentang panjang. Penggunaan sistem atap dengan bentangan yang panjang harus ditopang dengan struktur yang kuat.

5 Studi Kasus

Bab ini khusus membahas beberapa contoh karya arsitektur yang merespons cahaya alami sebagai bagian dalam desain. Contoh-contoh kasus ini dihadirkan sebagai upaya memberikan gambaran bagaimana sebuah bangunan memasukkan cahaya alami, bukan semata-mata secara fungsional, tetapi juga dengan mempertimbangkan estetika dan desain bangunan secara keseluruhan.

Pembahasan tidak langsung mengacu pada pencahayaan alami secara teknis, tetapi mencoba untuk memahami desain bangunan terlebih dahulu, karena desain bangunan tentu dipertimbangkan untuk mampu mewadahi aktivitas yang ada di dalamnya. Aktivitas inilah yang juga akan memengaruhi keputusan dalam memasukkan cahaya alami. Keputusan yang dipertimbangkan dengan perhitungan akan datangnya cahaya matahari, baik sudut maupun arah cahaya, serta keputusan-keputusan teknis dalam mengarahkan dan memantulkan cahaya matahari ke berbagai ruang. Pemilihan material dan warna berbagai elemen yang dipilih tentu juga mengacu pada perhitungan yang matang.

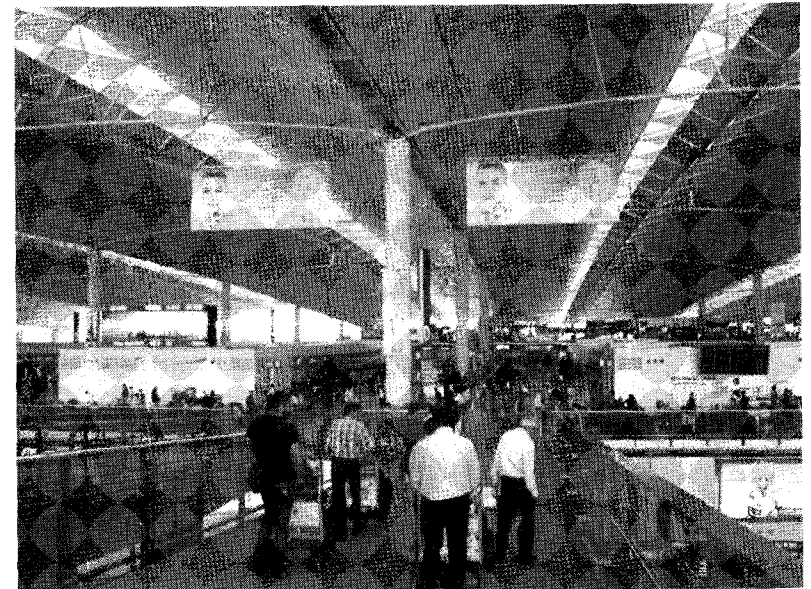
Pemilihan kasus yang akan dibahas pada bab ini tidak secara khusus dilakukan dengan suatu pertimbangan tertentu. Contoh-contoh ini diambil dari beberapa karya arsitektur yang pernah penulis kunjungi, serta dibagi ke dalam beberapa kategori tipologi yang berbeda. Pembagian kategori ini dimaksudkan untuk mendapat masukan mengenai pencahayaan alami dari berbagai tipologi yang berbeda.

Pembahasan dimulai dengan sebuah fungsi bangunan publik dengan tingkat kesibukan yang sangat tinggi, serta mampu menampung ribuan orang di dalamnya, yaitu Airport. Selanjutnya dibahas sebuah bangunan publik lain, yaitu museum yang memiliki tipologi yang sangat berbeda dengan airport. Kantor, pusat perbelanjaan, dan rumah ibadah secara berurutan akan menjadi studi kasus berikutnya.

5.1 Hong Kong International Airport

Gambar 5.1 HKIA. Bagian keberangkatan pada Hong Kong International Airport.

Hong Kong International Airport, atau juga dikenal dengan sebutan Chek Lap Kok Airport, merupakan salah satu bandara terpenting di dunia. Karya Norman Foster and Partners ini dibangun di atas tanah reklamasi karena tak ada lokasi yang memadai akibat kepadatan bangunan yang sangat tinggi di Hong Kong. Sebagai salah satu bandara terbesar di dunia, HKIA memiliki pendekatan struktur yang sangat kompleks dan pemanfataan pencahayaan alami yang sangat baik dalam memenuhi kebutuhan pencahayaan di dalam bangunan pada pagi sampai sore hari.

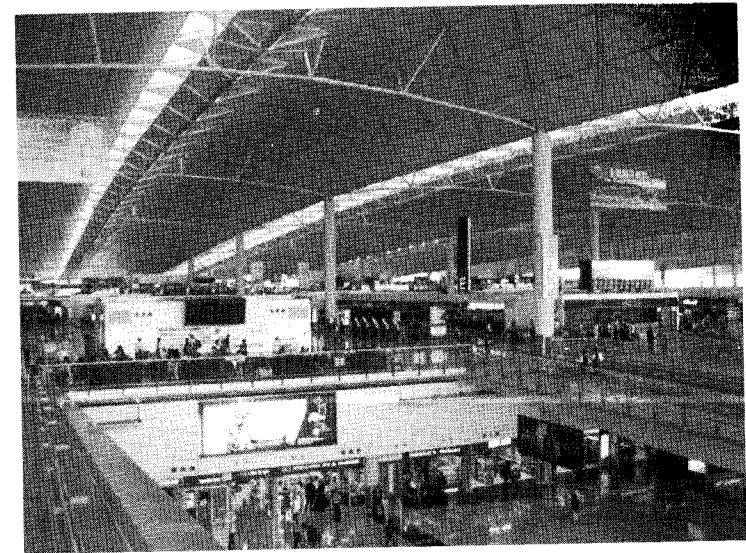
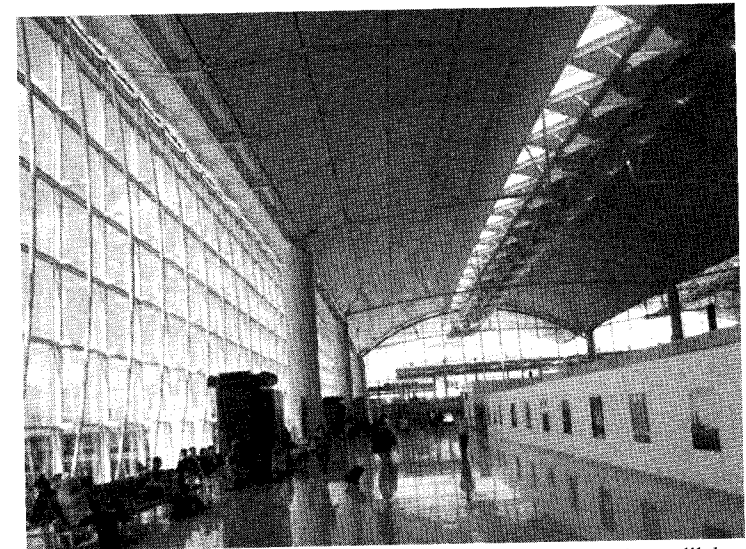
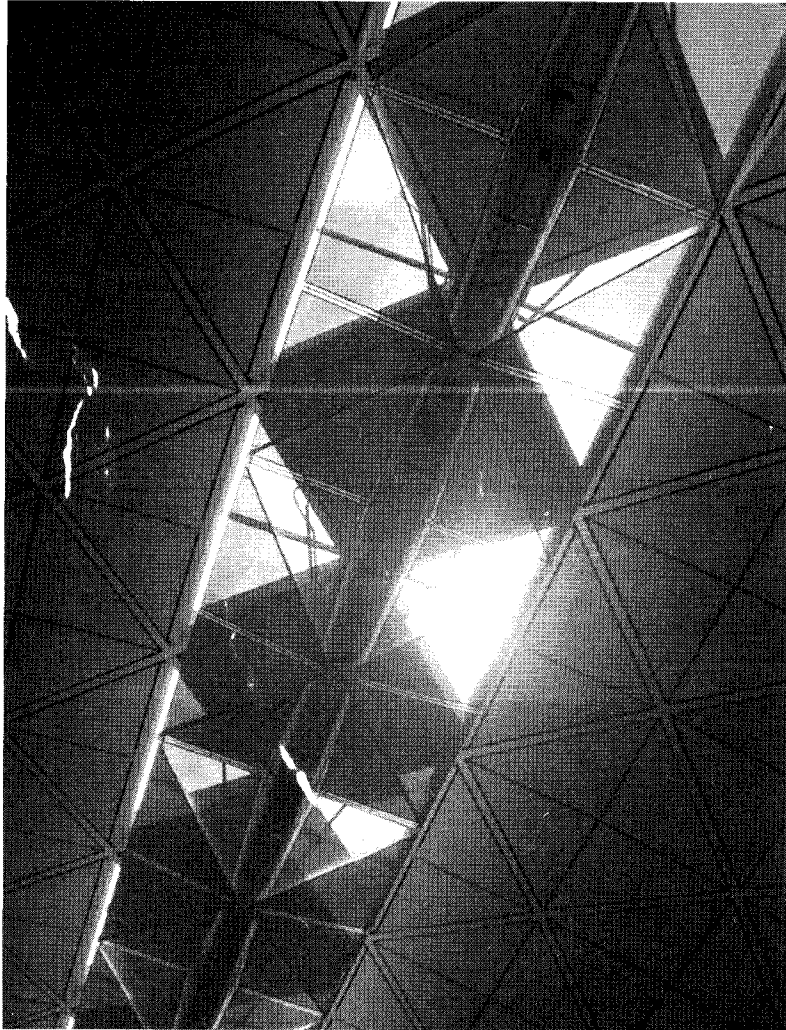
Pada bagian keberangkatan, cahaya alami memiliki akses yang sangat luas ke dalam bangunan melalui bidang vertikal yang menggunakan kaca sebagai pembentuk dinding. Cahaya alami juga memiliki akses ke dalam bangunan melalui bagian langit-langit dengan pendekatan desain yang sangat baik sehingga tidak mengakibatkan *glare*.

Gambar 5.2 Hall Keberangkatan. Hall keberangkatan memiliki level yang berbeda dengan kedatangan, namun terintegrasi di bawah satu atap yang memiliki akses yang baik terhadap pencahayaan alami.

Konsep Perancangan

Gedung terminal mengembangkan konsep yang dibuat pada bandara Stansted, sebuah model yang telah diadopsi oleh beberapa perencana bandara di seluruh dunia. Hal ini ditandai dengan penggunaan atap ringan, bebas dari instalasi pelayanan, pencahayaan alami dan integrasi di bawah terminal utama penanganan bagasi, pelayanan lingkungan dan transportasi. Dengan ruang yang rapi bermandikan cahaya, mampu membentuk pintu gerbang yang spektakuler ke kota. Hal yang sama pentingnya untuk menciptakan ruang yang jernih adalah aksentuasi penekanan titik acuan ke alam, baik di dalam maupun di luar bangunan; penumpang yang berangkat tetap merasakan keberadaan tanah dan air, serta tetap dapat melihat pesawat.[1]

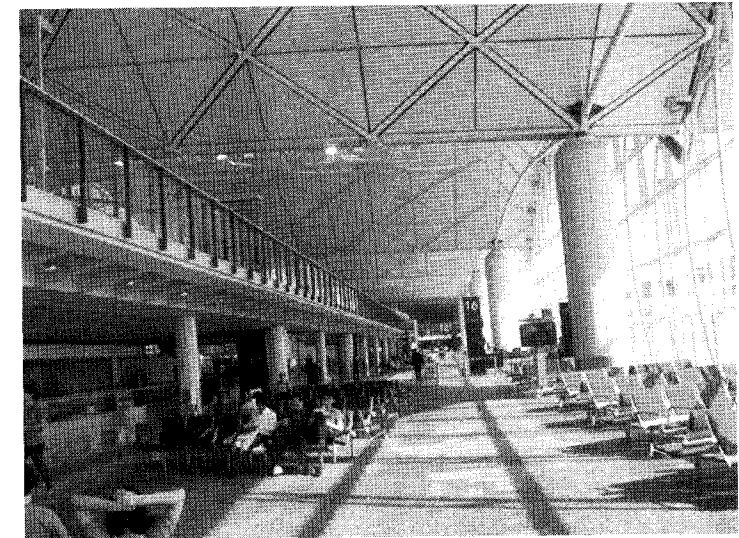
Konsep yang dikembangkan terlihat diselesaikan dengan sangat baik. Bangunan yang sangat besar itu terlihat sangat ringan karena penyelesaian desain dengan warna perak dan kejernihan ruang. Selain membuat bangunan terlihat ringan, warna perak juga memantulkan cahaya dengan baik, terlebih dengan penggunaan reflektor yang diselesaikan dalam beberapa modul prisma dengan perhitungan yang matang pada sudut kemiringannya.

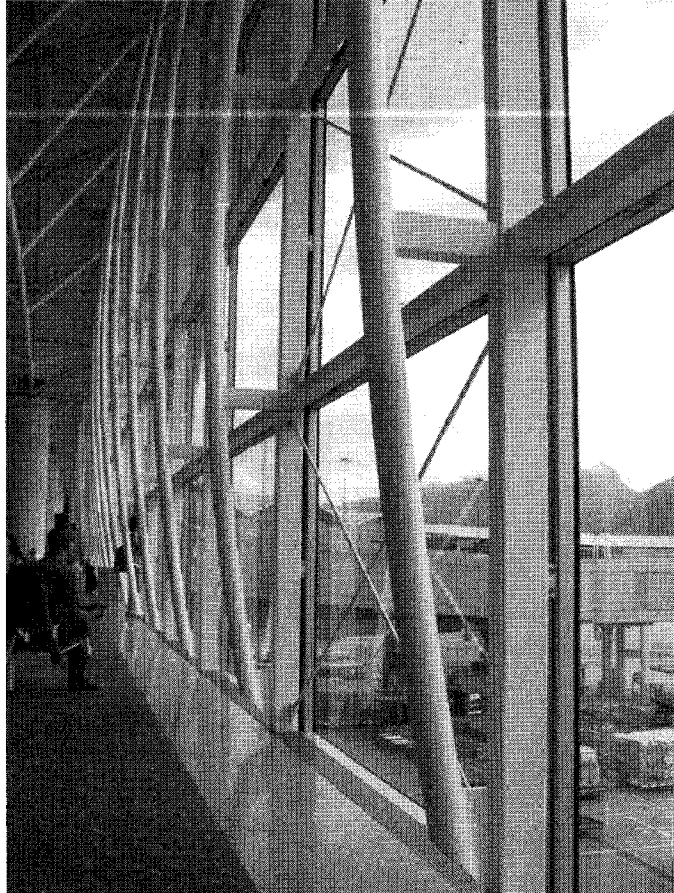
Hall keberangkatan dan kedatangan berada pada level yang berbeda tetapi disatukan oleh sebuah *void* yang berperan sebagai ruang bersama. Void menciptakan ruang yang sangat luas dan megah serta berperan mengantarkan cahaya alami yang masuk melalui bagian atas dan samping secara merata ke seluruh ruang (Gambar 5.3). Pelingkup bangunan yang didominasi oleh bidang transparan berperan sangat besar dalam memasukkan cahaya alami ke dalam bangunan (Gambar 5.4). Hal ini berperan besar dalam mengurangi penggunaan cahaya buatan yang membutuhkan energi yang sangat besar. Kualitas kaca yang digunakan mampu mereduksi efek silau yang diakibatkan oleh cahaya matahari langsung, sehingga informasi visual tetap dapat dinikmati dengan sangat baik.

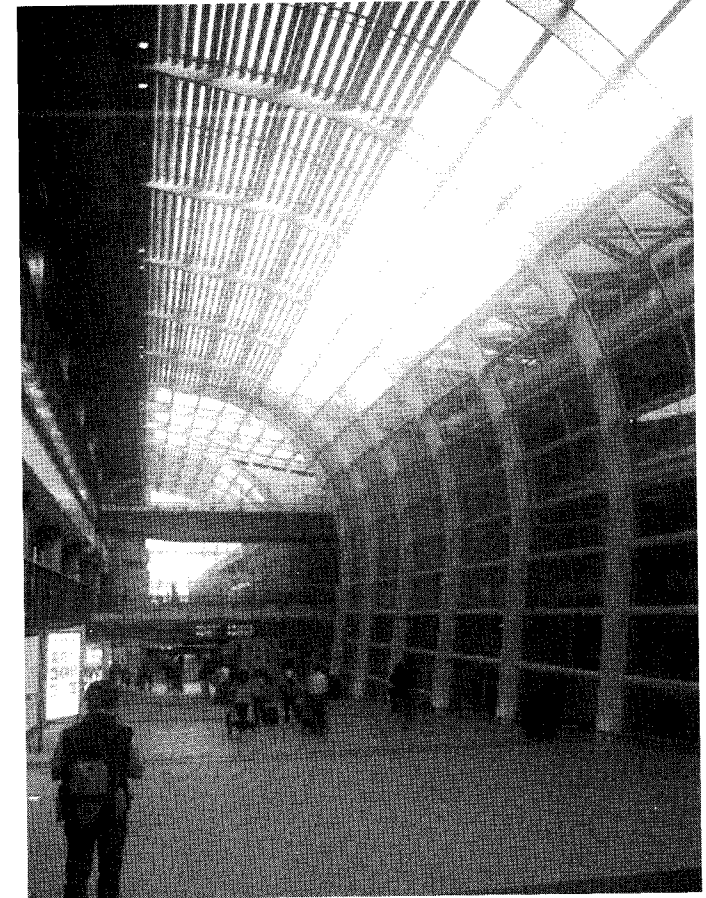
[1] http://www.fosterandpartners.com/Projects/0639/Default.aspx

Gambar 5.3 Ruang penghubung. Void berperan menghubungkan ruang keberangkatan dengan kedatangan dan memungkinkan penyebaran cahaya alami.

Gambar 5.4 Memasukkan cahaya. Upaya memasukkan cahaya dilakukan dengan mengoptimalkan seluruh sisi bangunan serta memantulkannya dengan bidang langit-langit dan lantai.

Gambar 5.5 Skylight. Cahaya yang masuk melalui *skylight* tidak disebarkan secara langsung namun melalui filter cahaya agar mengurangi efek silau yang ditimbulkan, cahaya kemudian dipantulkan oleh panel aluminium pada langit-langit ruang.

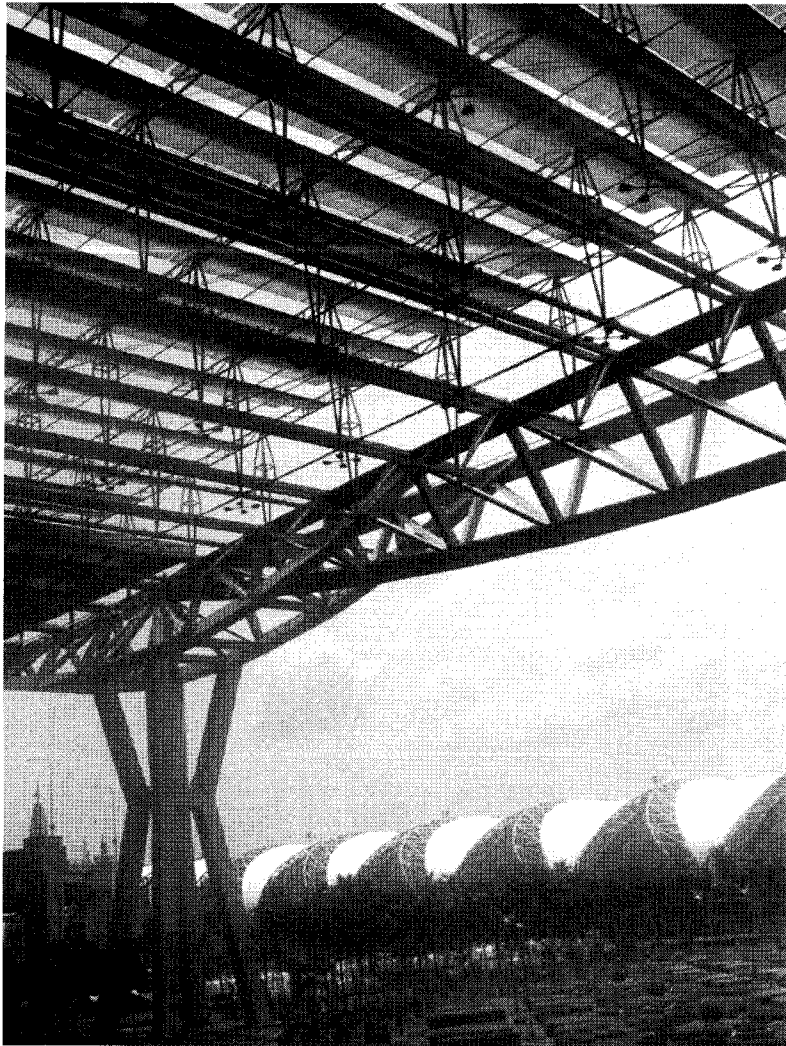
Memasukkan Cahaya

Upaya mengoptimalkan cahaya matahari dilakukan dengan sungguh-sungguh. Cahaya dimasukkan dari berbagai arah. Dalam hal ini bentuk bangunan yang menyerupai pesawat terbang menciptakan ruang-ruang yang ramping. Bentuk yang ramping memungkinkan cahaya masuk dengan baik dari berbagai sisi bangunan. Upaya ini tidak hanya dilakukan pada hall kedatangan dan keberangkatan yang memiliki volume ruang yang lebih besar, tetapi juga dilakukan pada ruang lain, termasuk ruang boarding (Gambar 5.6).

Skala ruang yang lebih kecil dibagi ke dalam dua level, menciptakan kesan ruang yang lebih akrab dan suasana yang nyaman sebagai ruang tunggu. Cahaya masuk melalui dua bagian, melalui dinding dan atap. Pada bagian dinding, selain berperan sebagai akses cahaya alami, dinding kaca juga memungkinkan terciptanya interaksi visual antara bagian dalam dan luar. Penumpang dapat melihat kondisi alam yang didominasi perbukitan, serta memiliki akses terhadap lalu lintas dan ruang parkir pesawat.

Gambar 5.6 Ruang boarding. Skala ruang terlihat lebih akrab dengan ketinggian ruang relatif rendah, namun cahaya alami tetap dapat masuk dan menyebar dengan baik.

Bidang transparan pada sisi bangunan yang berperan besar memasukkan cahaya pada ruang tunggu (ruang boarding) diperkuat dengan struktur baja sehingga memungkinkan terciptanya bidang yang lebih luas dan memasukkan cahaya dengan kuantitas yang lebih besar. Struktur ini juga menciptakan desain yang menyatu dengan elemen ruang lainnya. Kesan ringan dan jernih yang menjadi konsep bangunan pun tetap dapat dipertahankan.

Gambar 5.7 Sistem struktur. Bidang transparan ditopang oleh sistem struktur baja yang membentuk busur serta diperkuat dengan struktur tarik untuk mengantisipasi susut-muai kaca.

Pemanfaatan cahaya alami pada bangunan tidak hanya dilakukan pada ruang-ruang utama seperti ruang kedatangan, ruang keberangkatan, serta ruang tunggu, tetapi juga pada beberapa ruang koneksi atau ruang penghubung. Ruang koneksi yang menghubungkan ruang kedatangan dengan berbagai moda transportasi lain, seperti terminal bis dan Airport Express (kereta). Cahaya alami dioptimalkan dengan sangat baik sehingga mampu memenuhi kebutuhan cahaya pada ruang-ruang tersebut (Gambar 5.8).

Gambar 5.8 Ruang perantara. Ruang koneksi yang menghubungkan ruang kedatangan dengan terminal bus dan Airport Express.

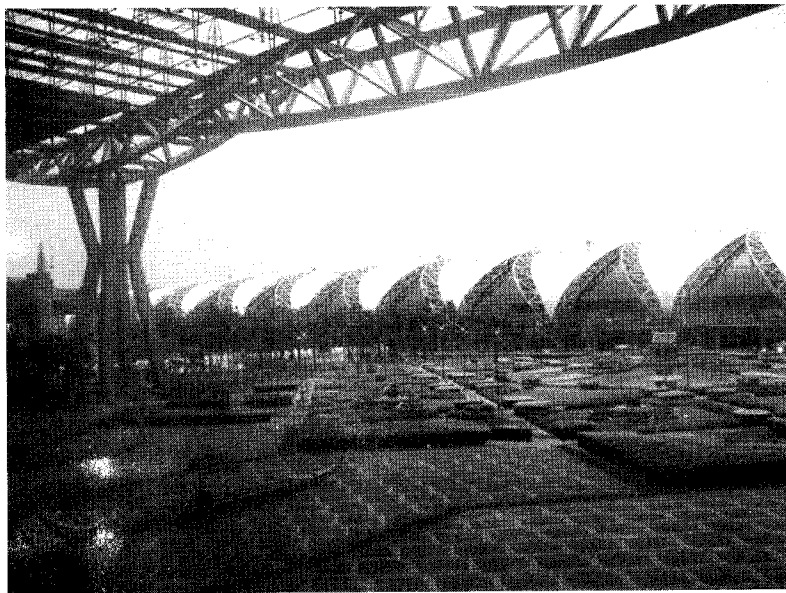
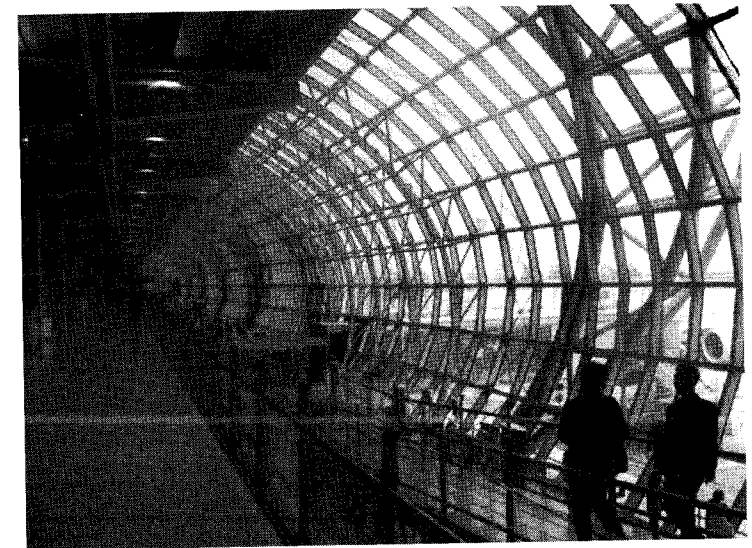
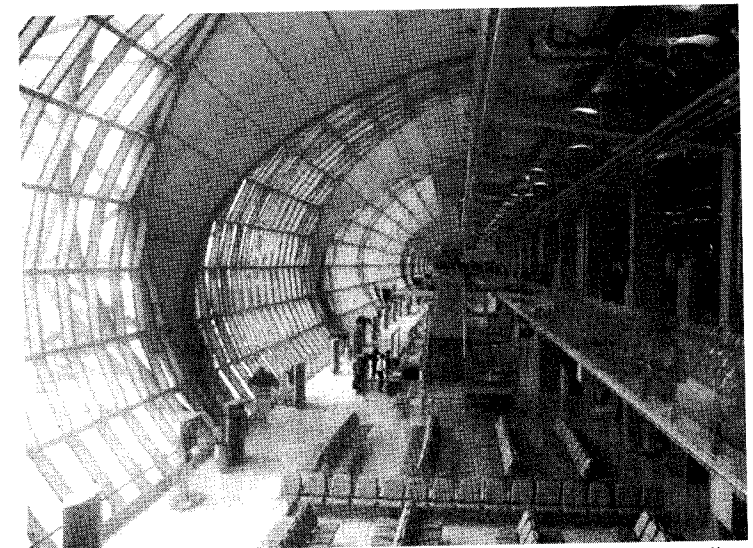
5.2 Suvarnabhumi International Airport Bangkok

Gambar 5.9 Struktur dan Daylight menjadi satu kekuatan desain Suvarnabhumi International Airport.

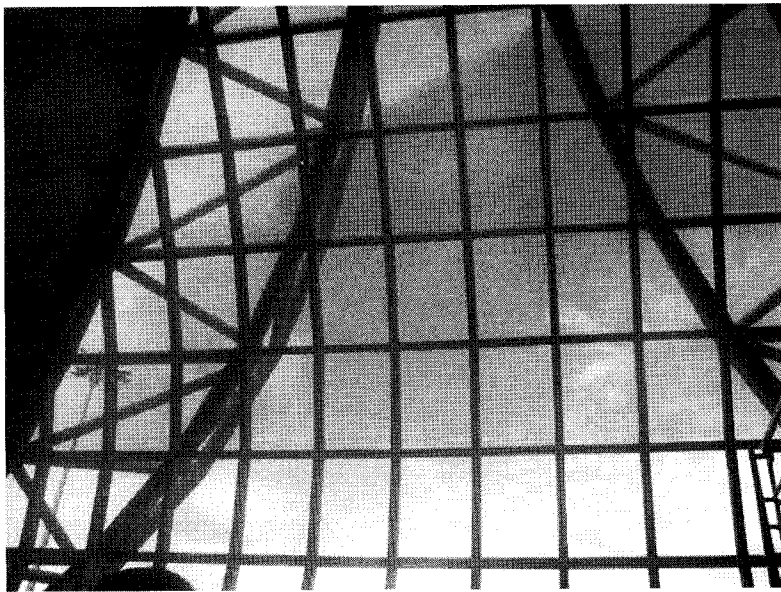
Suvarnabhumi International Airport yang berlokasi di Bangkok, Thailand, merupakan salah satu bandara yang sangat mempertimbangkan pemanfaatan cahaya alami sebagai sumber penerangan utama bangunan, khususnya pada pagi sampai sore hari. Upaya ini terlihat dipertimbangkan dengan sangat serius dengan menggunakan sistem struktur bentang panjang pada terminal utama, baik pada ruang kedatangan maupun ruang keberangkatan. Ruang lainnya, seperti ruang boarding atau ruang tunggu, diselesaikan dengan sistem struktur yang berbeda, yaitu menggunakan sistem membran yang juga mampu mengoptimalkan masuknya cahaya alami ke dalam bangunan.

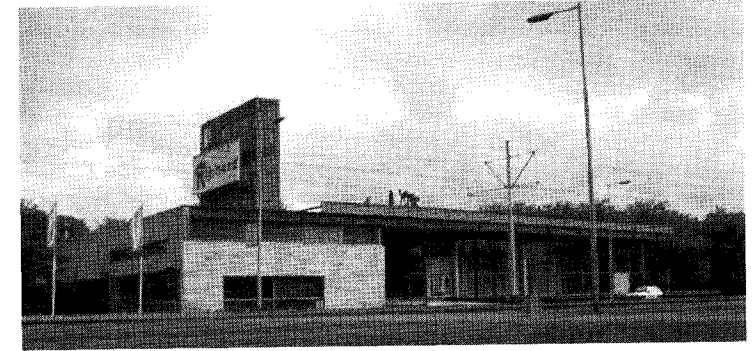
Struktur bentang panjang yang digunakan sebagai penopang atap menciptakan ruang yang bebas kolom sehingga memudahkan berbagai aktivitas di dalam ruang keberangkatan yang sangat padat. Jenis atap gergaji yang digunakan dengan penutup atap pada satu sisi berbahan kaca memungkinkan cahaya alami masuk ke dalam bangunan dengan sangat baik dan menerangi seluruh bagian ruang di bawahnya (Gambar 5.10).

Gambar 5.10 Skylight bentang panjang. Penggunaan atap gergaji dengan struktur bentang panjang memungkinkan cahaya alami masuk dengan kuantitas yang tinggi pada hall keberangkatan.

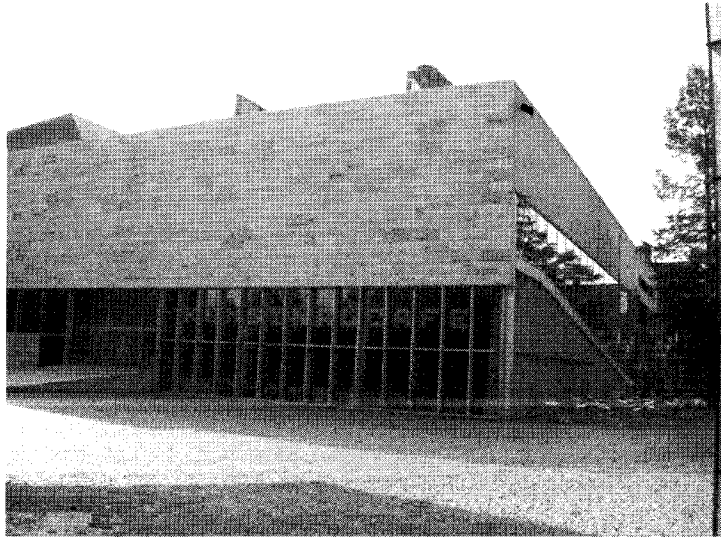
Bangunan yang dirancang oleh Helmut Jahn dengan biro arsitektur Murphy/Jahn Architects ini menurut data dalam situs resminya (http://www.murphyjahn.com) memiliki luas 563.000 m^2, dengan 56 gerbang penghubung, serta 64 hardstand. Proses perancangan dimulai tahun 1995 dan selesai dibangun pada tahun 2005.

Nuansa khas negeri Thailand dihadirkan melalui penataan lanskap yang menarik. Lebih menarik lagi karena keindahan lanskap tersebut dapat dinikmati penumpang maupun pengunjung melalui ruang *baggage claim* tanpa harus keluar bangunan. Hal ini memudahkan para penumpang, terutama penumpang transit dan lanjutan, untuk tetap dapat menikmatinya (Gambar 5.11). Kehadiran lanskap yang menarik dan didominasi oleh elemen vegetasi, seolah mencoba mengimbangi kekakuan yang diciptakan oleh struktur rangka baja. Elemen vegetasi yang tertata rapi dengan ketinggian yang relatif rendah memungkinkan para penumpang menikmati pola penataan yang ada dengan leluasa.

Gambar 5.11 Lanskap. Penataan lanskap dengan nuansa lokal mengimbangi kekakuan struktur yang diciptakan oleh rangka baja dan elemen pabrikasi lainnya.

Gambar 5.12 Jalur Penghubung. Pencahayaan alami pada ruang penghubung yang menghubungkan ruang boarding dengan ruang keberangkatan dan imigrasi terlihat sangat optimal.

Gambar 5.13 Ruang boarding. Ruang tunggu atau ruang boarding terlihat dirancang dengan rapi di bawah kombinasi bidang transparan dan atap membran yang mengatur masuknya cahaya alami ke dalam ruangan.

Pencahayaan alami tidak hanya dipertimbangkan pada ruang-ruang utama, seperti kedatangan dan keberangkatan, tetapi juga pada ruang penghubung dan ruang boarding. Kehadiran atap membran pada ruang-ruang tersebut menciptakan cahaya yang lembut karena sekaligus berperan sebagai atap dan kontrol cahaya. Kombinasi kaca dan membran yang membentuk pelingkup atau kulit bangunan, sebagai dinding sekaligus sebagai atap, menciptakan kualitas cahaya alami yang baik dan merata. Tak terlihat adanya silau pada ruang tersebut. Dalam hal ini jenis kaca yang dipilih turut berperan besar dalam menciptakan kenyamanan visual pada ruangan. Gambar 5.14 menunjukkan pertemuan kaca dengan membran yang ditopang oleh struktur rangka baja. Tidak terlihat adanya glare meskipun cahaya matahari langsung masuk secara frontal ke dalam ruangan.

Gambar 5.14 Akses cahaya. Kombinasi yang baik antara kaca dan membran yang ditopang oleh struktur rangka baja berbentuk busur menciptakan akses cahaya yang baik.

5.3 Kunsthal Rotterdam

Gambar 5.15 Kunsthal, sebuah galeri seni karya Rem Koolhaas, hadir dengan desain yang kompak dan kontekstual.

Arsitektur dan seni merupakan dua bidang yang saling terkait satu sama lain. Secara fungsional, arsitektur kerap memiliki peran dalam mewadahi berbagai aktivitas seni, mulai sejak karya seni tersebut 'dilahirkan' sampai pada saat kehadirannya di muka publik. Di sisi lain, dalam menyusun bidang maupun mengolah bentuk dan massa, nilai-nilai seni seringkali menjadi satu pendekatan dalam arsitektur, baik dalam pencitraan visual maupun dalam memberikan pengalaman yang berbeda dalam sebuah ruang.

Adalah Kunsthal, sebuah bangunan yang berfungsi sebagai museum di kota Rotterdam, Belanda, yang memainkan kedua peran tersebut dengan sangat baik. Lahir dari tangan seorang arsitek terkenal dunia yang berasal dari negeri kincir angin itu, Rem Koolhaas, bangunan ini mampu menjalankan fungsinya dengan baik sekaligus mewujudkan visual arsitektur yang sarat seni. Dalam menjalankan 'tugas' fungsionalnya, bangunan yang selesai dibangun tahun 1992 ini berperan sebagai sebuah museum yang menampilkan berbagai karya seni dari berbagai negara secara temporer. Setiap tahunnya terdapat sekitar dua puluh lima pameran yang dilangsungkan di Kunsthal, yang didistribusikan pada 3 buah ruang pamer, dan didukung oleh sebuah auditorium sebagai tempat berlangsungnya berbagai event.

Gambar 5.16 Peran kaca. Selain berperan memasukkan cahaya alami, penggunaan kaca pada bidang vertikal di kedua sisi Cafe juga menciptakan kontras terhadap material batu yang berkesan masif.

Kehadiran kafe dan toko buku sebagai area publik merupakan 'tangkapan' yang dihadirkan dengan sangat baik dalam menarik pengunjung. Luberan kafe keluar bangunan semakin memperkuat kesan publik yang ditawarkan bagi setiap orang yang melaluinya. Akses visual yang terarah pada Museumpark pun menambah nyaman suasana kafe dan juga akses menuju bangunan dari sisi utara. Pembagian ruang dalam dipertegas dengan adanya selasar yang sekaligus berfungsi sebagai *ramp*, sebuah upaya pemisahan ruang secara horizontal sekaligus penyatuan secara vertikal. Pendekatan nilai seni juga diwujudkan dengan meletakkan kolom-kolom miring pada bangunan, sebuah kondisi yang tidak lazim secara logika struktural namun mampu memberikan citra visual yang menarik.

Dalam menciptakan kenyamanan visual dan relasi dengan ruang luar, Koolhaas meletakkan beberapa *skylight* pada bagian atap bangunan sehingga menerangi ruang dalam pada siang hari. Elemen-elemen lainnya seperti dinding dan lantai pun mendapat perlakuan sama, namun dengan material yang berbeda. Masuknya cahaya matahari pada siang hari dan keluarnya cahaya artifisial dari dalam bangunan pada malam hari mampu menghadirkan karakter yang sangat berbeda namun tetap sarat makna.

Seni Meruang

Sekilas, Kunsthal tampak terkesan sangat sederhana tanpa permainan detail dan ornamen, namun sebenarnya bangunan ini hadir dengan sangat wajar dan mengisi berbagai kebutuhan desain tanpa menjanjikan hal-hal yang berlebihan. Kejujuran dalam mengolah bentuk dan ruang inilah yang justru menjadi kekuatan rancangan museum ini. Kekompakan yang ditampilkannya menunjukkan pemahaman yang mendalam terhadap fungsi yang diakomodasinya. Berada dalam satu rangkaian dengan Museumpark dan Netherlands Architecture Institute pada akses utara-selatan, menjadikan Kunsthal sebagai titik awal maupun akhir rangkaian tersebut, namun relasi dengan lingkungannya tetap terbentuk secara kontekstual.

Perbedaan kontur yang sangat tinggi antara site dengan jalan raya pada sisi selatan bangunan disiasati dengan 'mengangkat' bangunan dan menempatkan tangga dan ramp sebagai sirkulasi vertikal pada eksterior dan interior bangunan. Penyelesaian ini seolah membagi dua 'dunia' antara kebisingan jalan raya pada sisi selatan dengan ketentraman yang dihadirkan oleh Museumpark di bagian utara. Perbedaan pun dipertegas dengan pemilihan material yang pada sisi selatan didominasi oleh material baja yang berkesan keras, sedangkan kesan lembut dan natural dari elemen batu alam menghiasi sisi utara bangunan.

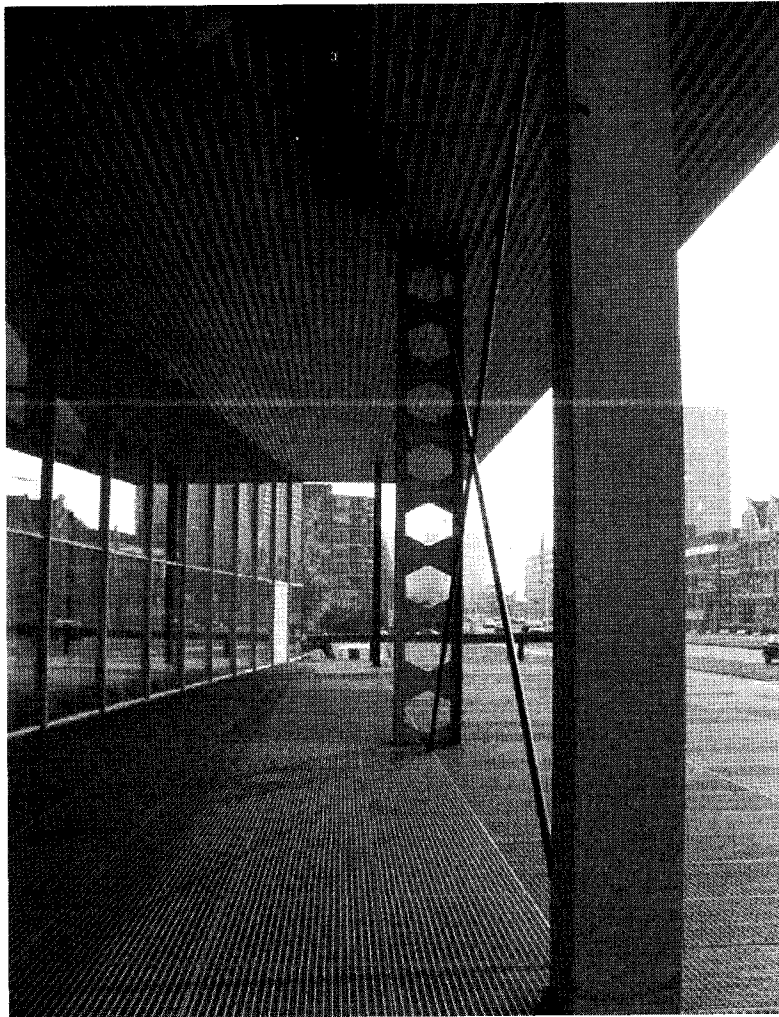
Adanya permainan ketinggian lantai sebagai tuntutan ruang bagi penempatan kursi pada auditorium, tidak berusaha untuk disembunyikan, namun diteruskan dengan sangat baik keluar bangunan. Pengaruh yang diberikan pada fasade bangunan justru memperkuat kesan visual yang dimunculkan dan menciptakan dialog dengan kondisi kontur. Dengan demikian, desain yang dihasilkannya mampu menjadi solusi bagi tuntutan fungsional sekaligus memenuhi harapan pada sajian visual yang berkualitas. Sinergi antara fungsi yang diwadahi sebuah bangunan dengan desain bangunan memang harus berjalan seiring. Sebuah bangunan tidak dapat berganti-ganti fungsi tanpa adanya kesepahaman dengan elemen ruang, bentuk, dan massa bangunannya, terutama bagi sebuah museum atau galeri seni. Tanpa itu, berbagai konflik akan muncul dan mengganggu aktivitas di dalam bangunan serta membiaskan informasi visual yang disajikan.

Gambar 5.17 Skylight. Memasukkan cahaya melalui *skylight* dan memantulkannya ke seluruh ruang melalui dinding kaca.

Memasukkan Cahaya

Desain galeri ini terlihat sangat menghargai cahaya alami, selain demi kebutuhan fungsional, cahaya juga dimasukkan dengan cara yang sangat baik. Cahaya alami dimasukkan melalui bagian atap bangunan, dinding, serta lantai. Pada bagian atas bangunan terlihat adanya *skylight*, sebuah bidang transparan yang menggunakan material kaca, berperan untuk memasukkan cahaya secara langsung ke dalam ruangan.

Pada ruang galeri, cahaya dimasukkan melalui deretan sebelas *skylight* yang membentuk atap gergaji. Penggunaan kaca putih memungkinkan cahaya masuk secara merata sekaligus mereduksi energi panas yang menyertainya. Efek cahaya pun terlihat datar sehingga objek visual yang dipamerkan pada ruang galeri terlihat lebih jelas. Keputusan untuk mereduksi panas tampaknya dipengaruhi oleh objek pamer yang ada di dalam ruangan, mengingat panas matahari berpengaruh buruk pada kondisi objek-objek tersebut.

Selain melalui bagian atap bangunan, cahaya juga dimasukkan melalui bidang vertikal atau elemen dinding. Pemilihan kaca sebagai material bangunan pada kulit bagian selatan (depan), barat dan utara, selain menciptakan desain bangunan yang ringan dan sebagai akses visual, juga mampu memasukkan cahaya alami dan menerangi ruangan dengan baik. Pada siang hari, cahaya akan masuk melalui dinding-dinding kaca tersebut ke dalam ruangan, namun kita tidak memiliki akses visual ke dalam ruangan, sementara dari dalam ruangan dapat melihat segala sesuatu yang berada di luar. Kondisi yang berbeda terjadi pada malam hari, cahaya yang bersumber dari dalam ruangan akan diteruskan keluar sehingga menghasilkan kesan visual yang menarik.

Gambar 5.18 Dinding kaca pada bagian depan bangunan berperan memasukkan cahaya, demikian halnya dengan lantai yang berupa kasa baja yang memiliki peran yang sama.

Hal lain yang menarik dari karya Rem Koolhaas ini adalah upaya memasukkan cahaya melalui lantai bangunan. Keputusan yang unik justru ketika cahaya dimasukkan tanpa memberikan akses visual dari atas ke bawah. Sedangkan pada ruang di bawahnya, cahaya dan akses visual dapat dinikmati secara bersamaan (Gambar 5.19). Untuk memujudkan gagasan itu, maka material yang digunakan adalah kasa baja agar dapat tahan lama karena keberadaannya yang terhubung langsung dengan ruang luar.

Keputusan desain ini memberikan kesan dramatik ketika berada di ruang bagian bawah. Cahaya yang masuk melalui sela-sela kasa baja memberikan dampak visual yang kuat, terlebih ketika di atasnya terlihat orang yang sedang berjalan atau sekedar berdiri. Efek visual ini semakin dramatis karena tidak diakomodasi secara keseluruhan. Sebagian lantai berupa baja masif yang tidak dilalui cahaya. Perbedaan ini menghasilkan kontras antara gelap dan terang serta mempertegas elemen-elemen garis yang dihasilkan oleh balok-balok lantai.

Gambar 5.19 Cahaya yang dimasukkan dari atas menciptakan kontras dan efek yang menarik bagi ruang di bagian bawah.

5.4 HSBC Headquaters Hong Kong

Gambar 5.20 Gedung HSBC karya Norman Foster, desain bangunan tinggi yang mengoptimalkan pemanfaatan cahaya alami.

Walaupun sudah dua puluh lima tahun berdiri, bangunan ini tetap terlihat seperti bangunan baru karena desainnya memang sangat modern dan dapat dikatakan melebihi zamannya. Hadir sebagai buah karya Norman Foster, salah seorang arsitek terkenal asal Inggris, HSBC-Headquarters mampu menjadi ikon Hong Kong, bahkan sampai saat ini. Banyaknya gedung pencakar langit baru yang dibangun di Hong Kong tidak serta merta membuat HSBC-Headquarters dilupakan. Hal ini tidak lain karena keunikan desain dan sistem struktur yang dimilikinya. Sistem struktur gantung yang digunakan dengan kekuatan bertumpu pada empat sistem inti, membuat bangunan ini seolah melayang di permukaan tanah. Desain ini mengingatkan kita pada tipikal rumah panggung yang banyak terdapat di Indonesia. Dengan pendekatan yang nyaris sama, yaitu memanfaatkan ruang terbuka di bagian bawah bangunan sebagai ruang publik.

Secara struktur, sistem struktur inti yang digunakan diselesaikan dengan permainan rangka baja sebagai elemen struktur utama. Rangka-rangka baja membentuk sistem struktur inti bagaikan desain sebuah jembatan. Keempat struktur inti ini berperan dalam menopang seluruh beban bangunan dengan menarik beban ke atas dan mendistribusikannya ke fondasi melalui keempat inti bangunan. Dari bagian depan dan belakang bangunan terlihat jelas kelima level sistem struktur gantung yang membentuk segitiga, penyelesaian yang memperlihatkan sistem struktur semakin memperkuat karakter bangunan. Bangunan ini hadir dengan menunjukkan jati diri sebagai sebuah bangunan yang kuat dan kokoh, seakan menyatakan bahwa perusahaan yang diusungnya merupakan sebuah bank yang aman dan kokoh.

Di sisi lain, penggunaan rangka baja yang kemudian membuat desain bangunan terlihat sangat modern, terlebih dengan penyelesaian kulit bangunan yang didominasi oleh material kaca transparan dan *cladding* aluminium. Terlihat jelas desain ini membuat gedung yang memiliki lebih dari 40 lantai ini semakin menonjol di antara bangunan lainnya. Pada malam hari, cahaya dari dalam bangunan memberikan sajian visual yang menarik. Dengan didominasi material kaca transparan di hampir seluruh permukaan bangunan, berbagai aktivitas di dalamnya pun dapat kita nikmati dengan jelas.

Cahaya Alami

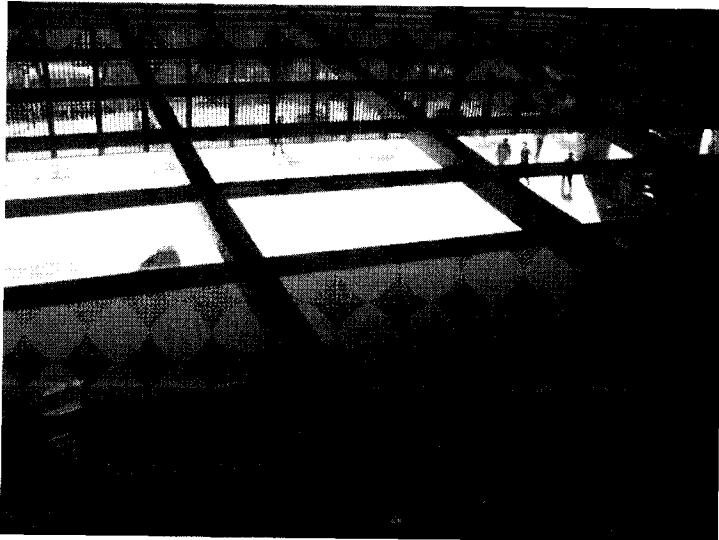
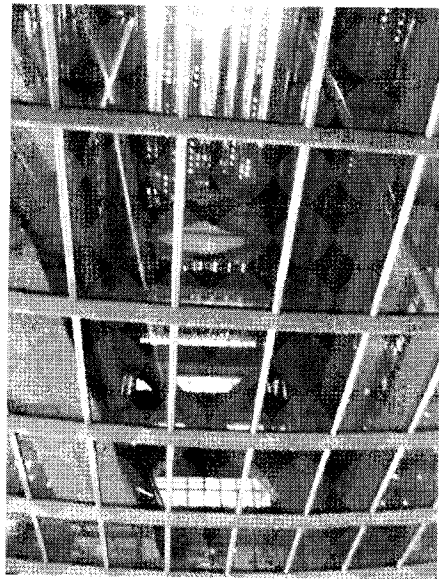
Bangunan ini dirancang dengan mengoptimalkan cahaya matahari yang masuk ke dalam bangunan dari berbagai sisi. Cahaya tidak hanya dimasukkan dari bagian atas dan samping, tetapi juga dari bagian bawah bangunan. Dari kulit bangunan yang didominasi material kaca transparan terlihat upaya memasukkan cahaya bangunan dari sisi utara dan selatan. Cahaya yang masuk secara langsung ke tiap-tiap lantai menciptakan pemandangan yang jelas dan cahaya yang memadai untuk melakukan berbagai aktivitas di dalamnya.

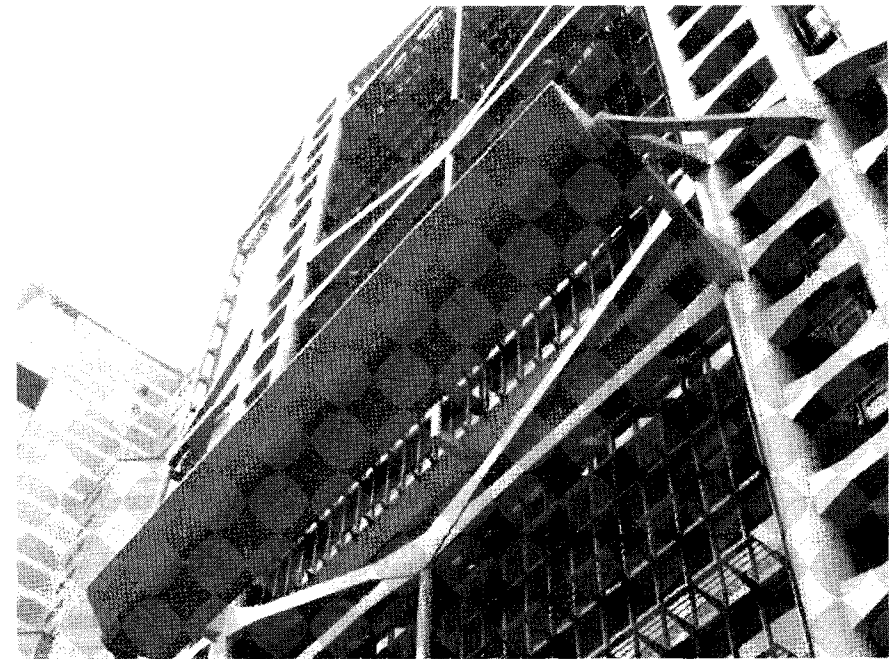
Pada bagian dalam, bangunan seolah dibagi dalam dua bagian, yaitu utara dan selatan, dipisahkan oleh void. Pembagian ini sepertinya dimaksudkan untuk membuat bangunan lebih ramping, sehingga memungkinkan setiap ruangan mendapatkan cahaya alami yang merata. Upaya memasukkan cahaya alami ke bagian dalam melalui void pun terlihat sangat diperhitungkan. Cahaya tidak hanya dimasukkan dari atas bangunan sebagaimana halnya sebuah atrium. Jumlah lantai yang lebih dari empat puluh akan membuat cahaya dari atas bangunan sangat terbatas daya jangkaunya sehingga cahaya alami pun dimasukkan melalui bagian bawah bangunan dengan 'mengangkat' bangunan. Sebagaimana kebanyakan arsitektur tradisional dengan konsep rumah panggung di nusantara yang menciptakan sirkulasi udara dan cahaya melalui lantai bangunan, hal yang sama terlihat pada gedung pencakar langit ini.

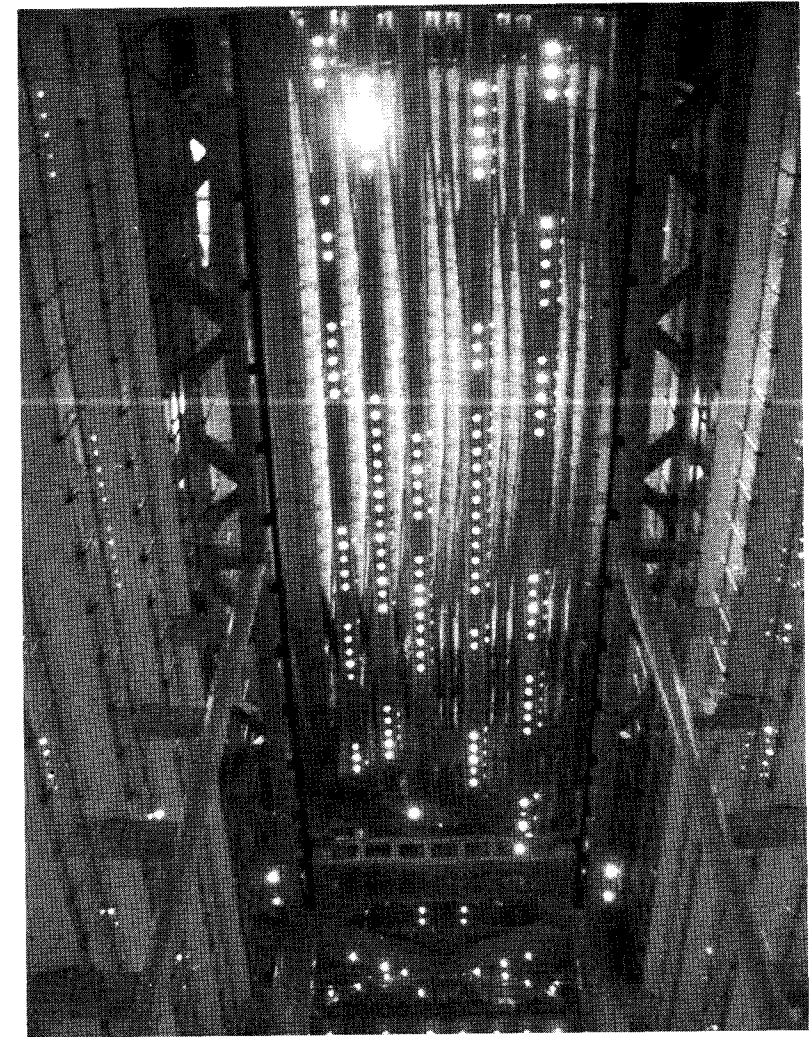
Dengan 'mengangkat' bangunan maka tercipta akses bagi cahaya matahari melalui bagian bawah bangunan. Namun, akses cahaya yang dimasukkan melalui bagian bawah bangunan itu tidak serta merta membuat tingkat privasi bangunan menjadi berkurang. Ruang publik yang ada di level dasar tetap dipisahkan dengan ruang privat yang ada di atasnya dengan elemen kaca. Kaca yang membentuk bidang horizontal yang luas dan ditopang oleh sistem struktur rangka baja ini juga berperan dalam menjaga kenyamanan bangunan karena udara kotor dan suara berisik yang dihasilkan oleh berbagai aktivitas dan lalu lintas yang sibuk tidak dapat masuk ke dalam bangunan. Upaya mengangkat bangunan, selain menciptakan akses cahaya alami, juga menciptakan ruang publik dan jalur penghubung dari arah selatan ke utara bangunan. Demikian pula sebaliknya. Akses ini sangat membantu sebagai jalan pintas bagi para pejalan kaki. Sedangkan akses menuju lantai atas diciptakan dengan menyediakan dua eskalator di bagian bawah bangunan, serta tangga di

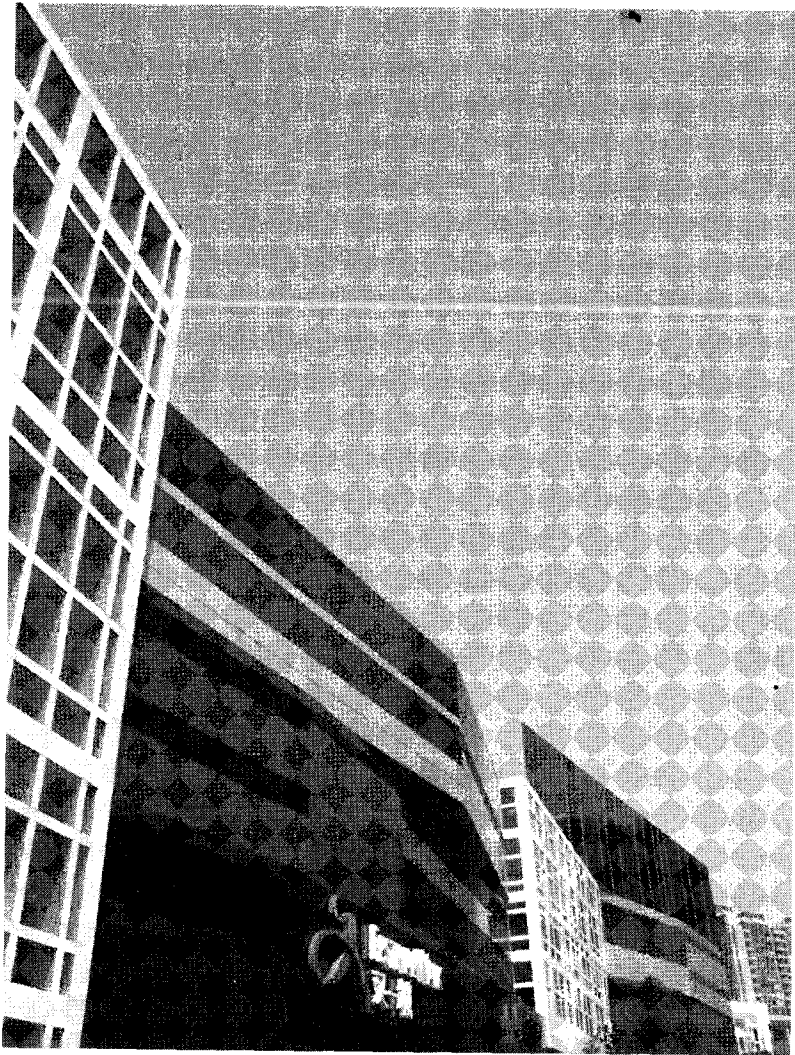
struktur inti bangunan yang dilengkapi juga oleh tersedianya elevator pada sisi bangunan.

Gambar 5.21 Cahaya dari bawah. Cahaya yang dimasukkan dari bagian bawah bangunan turut memberikan kontribusi yang besar bagi kondisi visual di dalam bangunan.

Akses cahaya dari bagian bawah bangunan, sebagaimana yang terlihat pada Gambar 5.22, memberikan konstribusi yang sangat besar pada seluruh ruang. Cahaya yang masuk didistribusikan secara merata dengan menggunakan material kaca pada bagian pembatas yang mengelilingi void di tiap-tiap lantai. Tak ada dinding masif yang menghalangi dengan tujuan memberikan akses seluas-luasnya bagi penyebaran cahaya. Upaya ini terlihat sangat berhasil karena pada siang hari ruangan bagian dalam terlihat cukup terang dengan pencahayaan alami. Di samping cahaya yang didapat dari bagian bawah bangunan, akses visual pun tercipta sehingga memberikan kesan visual yang menarik, baik dari bawah bangunan maupun dari dalam bangunan ke arah dasar bangunan.

Gambar 5.22 Akses visual dari dalam. Pemandangan dari dalam bangunan ke arah bawah bangunan.

Gambar 5.23 Akses visual dari luar. Pemandangan dari bawah ke dalam bangunan.

Upaya mengoptimalkan masuknya cahaya matahari semakin terlihat dilakukan secara serius dengan menambahkan reflektor di sisi bangunan. Ketinggian bangunan dan padatnya bangunan di sekitar site nampaknya membuat akses cahaya dari keenam sisi bangunan dirasa belum memadai. Cahaya yang datang dari sisi selatan bangunan pun dioptimalkan dengan memantulkannya melalui sebuah reflektor sepanjang sekitar 30 meter. Reflektor ini berperan besar dalam memantulkan cahaya ke dalam bangunan. Cahaya yang masuk melalui reflektor yang berada di luar bangunan kemudian disebarkan dan diteruskan ke berbagai arah melalui reflektor yang berada di dalam bangunan. Material bangunan yang didominasi elemen logam dan kaca pun berperan besar dalam mendistribusikan cahaya, sehingga penerangan alami yang terjadi semakin optimal. Seluruh upaya yang dilakukan dalam merespons cahaya alami menunjukkan kepedulian desain terhadap lingkungan dengan mereduksi penggunaan pencahayaan buatan yang boros energi.

Gambar 5.24 Reflektor yang memanjang di sisi bangunan berperan besar meneruskan cahaya matahari ke dalam bangunan.

Gambar 5.25 Ruang tangga dibalut bidang transparan untuk memasukkan sebanyak mungkin cahaya alami sebagai sumber penerangan. Keputusan desain ini selain mereduksi energi listrik juga memberikan akses visual dengan ruang luar.

Gambar 5.26. Interior. Desain cahaya pada atrium menunjukkan kolaborasi yang baik antara pencahayaan alami dan buatan. Pada malam hari cahaya buatan akan mengambil alih peran cahaya alami dari arah yang sama.

5.5 Pusat Perbelanjaan Hong Kong

Gambar 5.27 Pusat perbelanjaan. Festival Walk merupakan shopping mall yang mengoptimalkan pemanfaatan cahaya alami sebagai sumber cahaya bangunan.

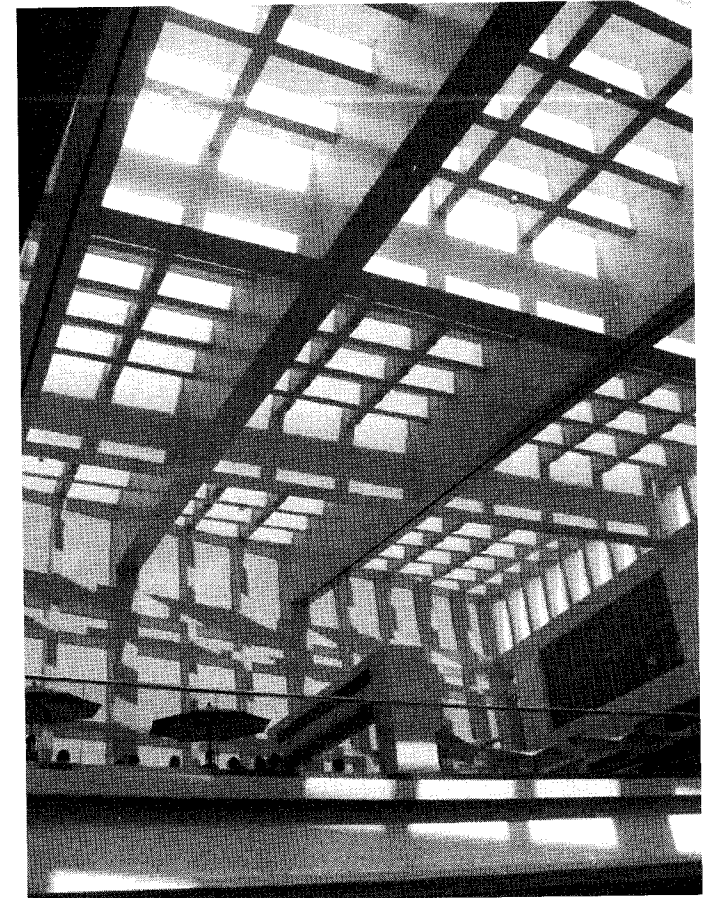
Pusat perbelanjaan merupakan ruang publik yang sangat diminati pengunjung untuk berkumpul. Hal ini tidak lepas dari berbagai fasilitas yang disediakan, serta kenyamanan dan keamanan yang relatif lebih mudah untuk didapatkan. Dimensi dan volume bangunan yang sangat besar membutuhkan energi yang sangat besar pula untuk operasional bangunan, termasuk di dalamnya adalah energi untuk pencahayaan buatan.

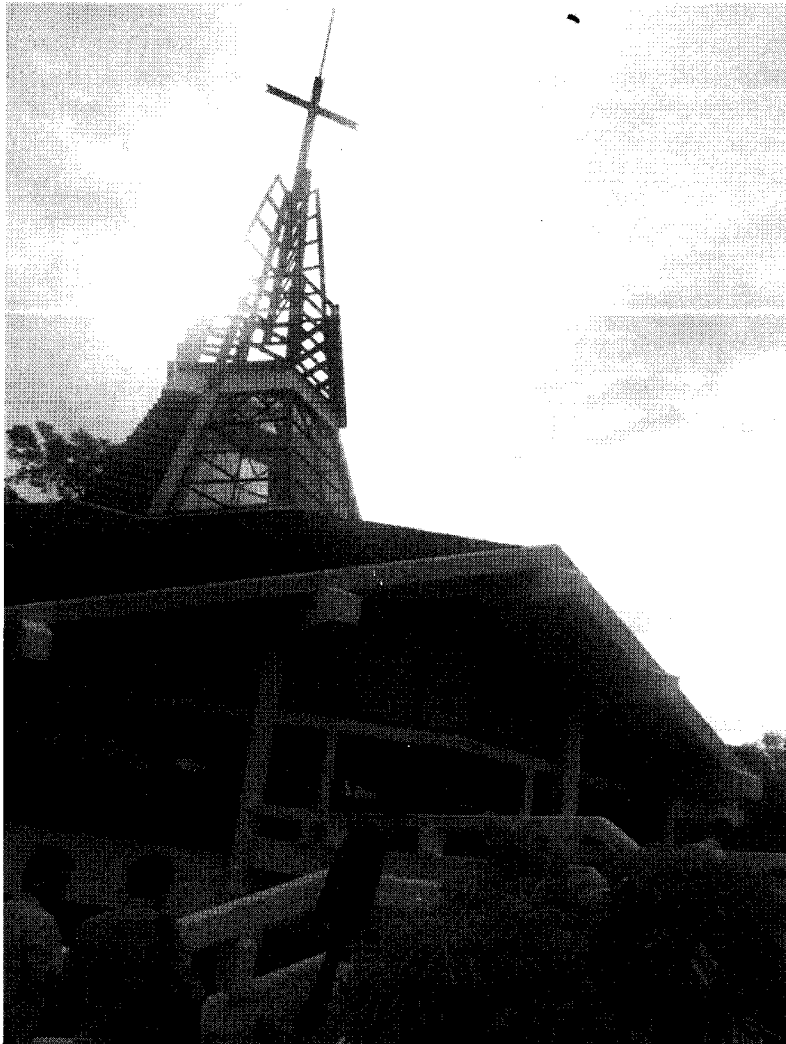
Dengan kondisi ini, beberapa pusat perbelanjaan telah mengembangkan konsep pemanfaatan cahaya alami dalam desain bangunannya. Salah satu pusat perbelanjaan yang menarik untuk dipelajari adalah Festival Walk di Kowloon Tong, Hong Kong. Upaya memasukkan cahaya alami sebagai sumber cahaya bangunan terlihat dari pengolahan geometri bangunan, penyelesaian kulit (pelingkup) bangunan, serta penyelesaian akses pencahayaan serta struktur bangunan.

Gambar 5.28 Permainan Geometri. Geometri turut berpengaruh dalam menciptakan akses yang maksimal bagi masuknya cahaya alami.

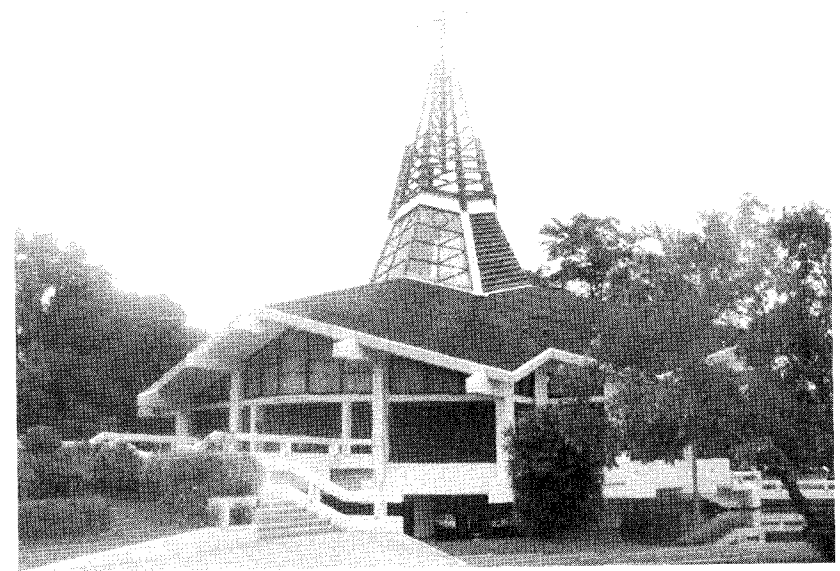
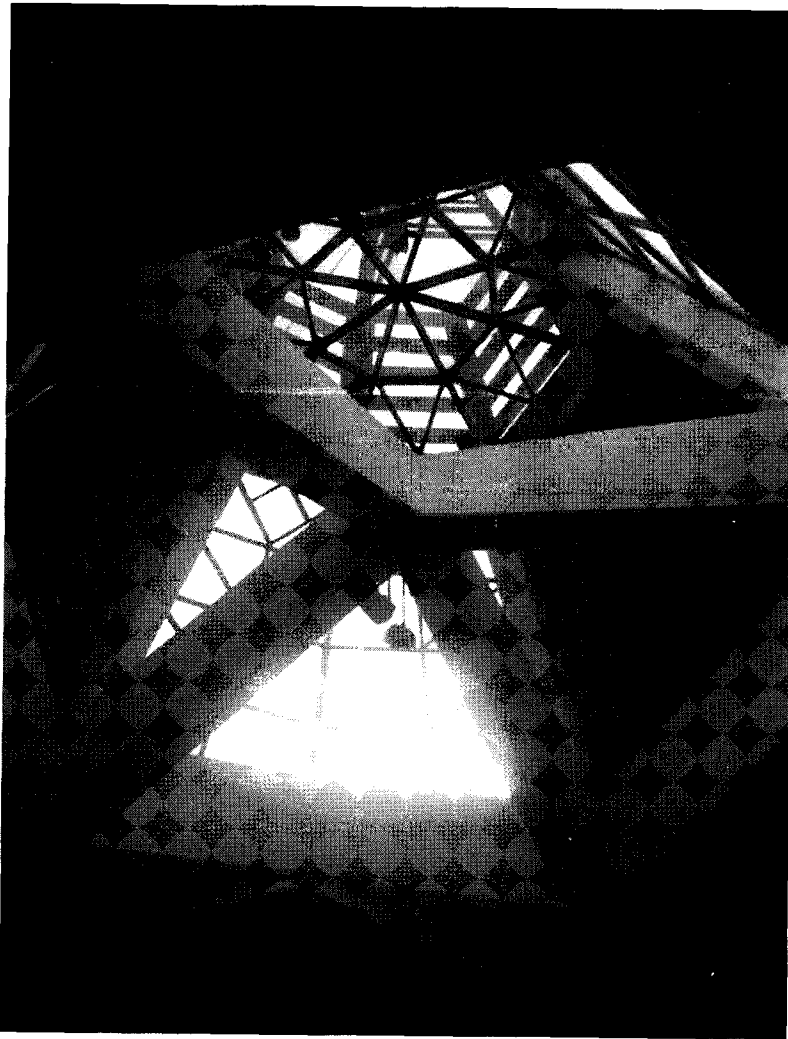
Dari sisi geometri, bangunan didesain dengan cukup ramping dengan permainan maju mundur pada beberapa sisi bangunan. Hal ini untuk memperbanyak akses bagi cahaya alami (Gambar 5.28). Dengan memperbanyak jalan bagi masuknya cahaya alami pada waktu yang berbeda, sejak pagi sampai sore hari, kuantitas cahaya pada bangunan dapat memenuhi kebutuhan visual. Cahaya tidak hanya dimasukkan melalui bagian atas atau atap bangunan, tetapi juga melalui sisi-sisi bangunan. Hal ini memang terlihat sangat berani dari sisi komersial, karena akan banyak ruang yang dikorbankan. Dengan kata lain, akan banyak ruang yang seharusnya memberikan pemasukan ketika disewakan, namun dikorbankan untuk cahaya alami. Namun upaya ini terlihat sangat berhasil, cahaya yang masuk dari berbagai sisi menciptakan kualitas pencahayaan yang baik karena sumber cahaya tidak hanya berasal dari satu arah saja.

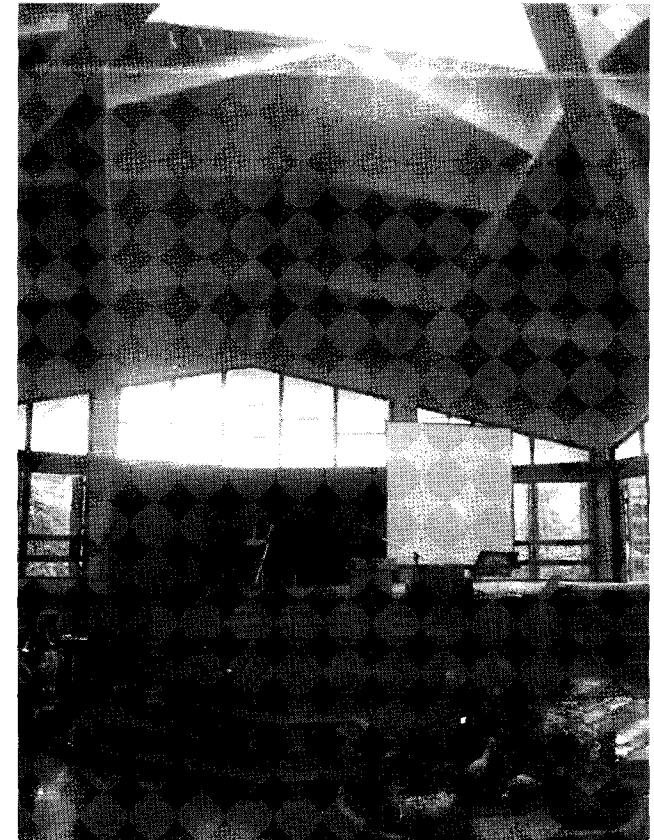
Gambar 5.29 Atrium. Bentuk bangunan yang ramping dan beberapa ruang atrium membuat cahaya dapat masuk ke dalam bangunan dengan lebih baik, baik secara kuantitas maupun secara kualitas.

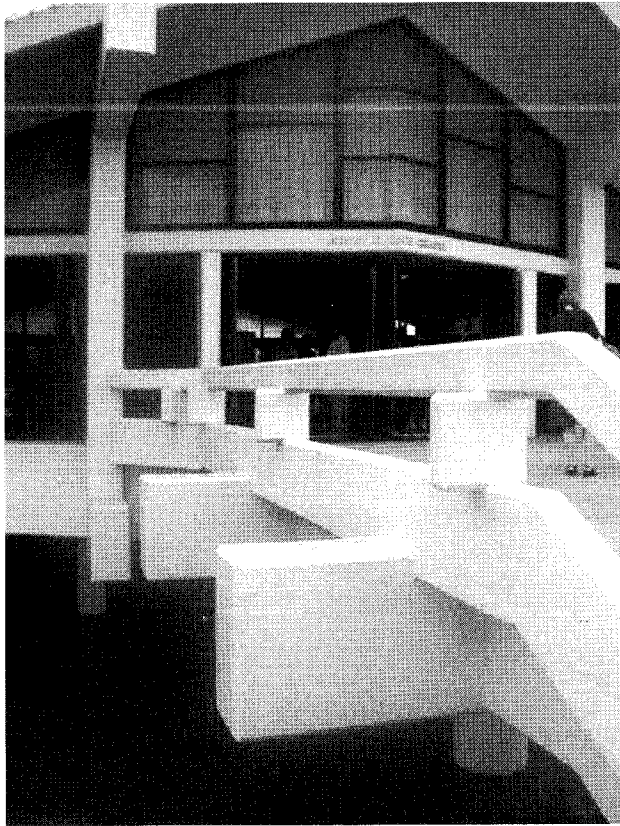
Beberapa atrium yang diciptakan turut berpengaruh dalam menciptakan akses cahaya serta menyebarkan cahaya secara merata ke seluruh lantai mulai dari lantai teratas sampai dengan lantai terbawah. Struktur rangka kaku yang dipilih menciptakan pola grid dan keteraturan sekaligus menciptakan pola bayangan yang menarik pada lantai di bawahnya. Warna putih yang mendominasi struktur memiliki peran dalam memantulkan cahaya sehingga meningkatkan kuantitas cahaya yang ada di dalam bangunan.

Gambar 5.30 Sistem struktur. Sistem struktur rangka kaku yang digunakan membentuk modul yang teratur dalam menopang bidang transparan, warna putih yang digunakan turut berperan dalam memantulkan cahaya.

5.6 Rumah Ibadah Chiang Mai, Thailand

Gambar 5.31 Kapel Payap University dengan desain yang kontekstual dan mempertimbangkan pencahayaan dan penghawaan alami.

Tipologi bangunan rumah ibadah pada umumnya mempertimbangkan pencahayaan, baik alami maupun buatan, sebagai bagian dari konsep desain. Kehadiran cahaya yang kerap disimbolkan sebagai sesuatu yang datang dari Sang Pencipta, merupakan satu pertimbangan dalam menghadirkan cahaya dengan perlakuan khusus ke dalam bangunan. Faktor lainnya tentu saja pertimbangan fungsional terkait dengan kegiatan yang dilakukan di dalam bangunan, yaitu beribadah.

Hal ini juga terlihat pada kapel yang terdapat di lingkungan kampus Payap University, Chiang Mai, Thailand. Desain bangunan yang berorientasi pada bangunan tropis dengan atap yang menjulang dan pada bagian puncak terdapat salib, menunjukkan pentingnya cahaya alami. Cahaya yang masuk dari atas seolah 'mengalir' melalui salib sebelum kemudian masuk ke dalam bangunan dan menyebar ke seluruh bagian ruang. Cahaya yang masuk dari bagian atas bangunan menghasilkan kesan yang sangat menarik dan dramatis di dalam ruangan.

Gambar 5.32 Bukaan dan kontrol cahaya yang diletakkan pada bagian atas bangunan, menghasilkan kuantitas dan kualitas cahaya yang baik di dalam ruangan.

Gambar 5.33 Cahaya yang masuk ke dalam ruangan melalui bidang transparan yang terdapat pada bagian atas bangunan menciptakan efek visual yang menarik ketika menerpa struktur utama bangunan yang terdiri dari empat balok.

Cahaya yang masuk dari bagian atas bangunan secara langsung akan menerpa mimbar yang merupakan *point of intereset* dan fokus utama ruang dalam. Hal ini tidak hanya ditujukan sebagai sebuah kebutuhan fungsional, tetapi merupakan satu pendekatan filosofis yang menarik, di mana cahaya yang datang dari atas merupakan simbol Sang Pencipta dan turun ke dalam ruang ibadah tepat ke atas mimbar di mana pendeta menyampaikan firman kepada para jemaat yang hadir. Penataan tempat duduk jemaat yang membentuk pola radial turut memperkuat konsep ini, karena menciptakan titik pusat ruang.

Gambar 5.34 Cahaya alami yang masuk melalui bagian atas bangunan secara langsung jatuh ke atas mimbar.

Bukaan yang dirancang pada bidang vertikal atau dinding bangunan turut meningkatkan kuantitas pencahayaan di dalam ruang, terlebih dengan dinding yang didominasi warna putih, turut berperan dalam memantulkan cahaya. Keberadaan kolam di bawah bangunan, selain menciptakan suasana yang alami juga berperan sebagai bidang reflektor, baik memantulkan cahaya maupun memantulkan bayangan bangunan di atasnya, sehingga memperkuat kesan visual bangunan (Gambar 5.35).

Gambar 5.35 Kolam reflektor. Kolam yang berada di bawah bangunan sekaligus berperan dalam memantulkan cahaya.

Daftar Kata (Glosarium)

Alami	Segala sesuatu yang berasal, berkaitan atau berorientasi pada alam.
Arsitektur	Ilmu atau bidang yang terkait dengan desain dan seni merancang bangunan.
Atap gergaji	Atap yang berbentuk gergaji, umumnya salah satu sisi digunakan sebagai sirkulasi udara atau akses cahaya alami.
Atmosfer ruang	Suasana yang terbentuk pada sebuah ruang
Atrium	Ruang yang terbentuk oleh massa bangunan
Cahaya	Merupakan gelombang elektromagnetik yang memungkinkan mata menangkap berbagai informasi visual.
Cahaya alami	Cahaya yang berasal dari sumber cahaya yang ada di alam (matahari, bintang, dll.)
Cahaya buatan	Cahaya yang berasal dari sumber cahaya buatan manusia (lampu, lilin, dll.)
Cahaya langit	Cahaya benda-benda langit termasuk matahari yang dipantulkan oleh langit.
Cahaya matahari	Cahaya langsung yang bersumber dari matahari.
Energi listrik	Energi yang berasal dari pembangkit tenaga listrik.
Energi terbarukan	Energi yang berasal dari sumber-sumber alam dan senantiasa dapat diperbaharui (cahaya matahari, panas bumi, energi angin, minyak yang berasal dari tumbuhan, dll.)
Energi fosil	Energi yang berasal dari fosil/tulang belulang binatang atau tumbuhan pada zaman purba.

Heliostat	Sebuah alat yang berperan mengumpulkan dan memantulkan cahaya matahari ke bidang lainnya untuk diarahkan ke suatu arah tertentu.
Informasi visual	Segala sesuatu yang dapat diakses oleh indera visual.
Jendela	Merupakan bukaan pada dinding bangunan yang berperan memasukkan udara, cahaya dan pemandangan.
Kenyamanan termal	Kenyamanan di dalam atau di luar ruang yang terkait dan dipengaruhi oleh temperatur udara.
Kenyamanan visual	Kenyamanan dalam mengakses seluruh informasi visual dan sangat terkait dengan indera penglihatan.
Komposisi bangunan	Susunan atau gubahan massa bangunan yang membentuk satu pola tertentu.
Kondisi geografis	Kondisi atau keadaan geografi suatu wilayah.
Kulit bangunan	Pelingkup atau elemen/bidang yang melingkupi bangunan dan berada pada bagian terluar bangunan.
Lingkungan hidup	Satu kesatuan wilayah atau ruang yang melingkupi manusia, tumbuhan dan hewan.
Aktivitas	Kegiatan yang dilakukan di dalam atau di luar ruang.
Orientasi bangunan	Arah condong bangunan.
Pencahayaan	Kegiatan mengolah atau mendistribusikan cahaya dalam memenuhi kebutuhan cahaya pada suatu ruang.
Photovoltaic	Teknologi yang mengubah radiasi matahari menjadi energi listrik.
Pipa cahaya	Pipa atau tabung yang digunakan untuk mendistribusikan cahaya di dalam bangunan.
Ruang dalam	Ruang yang terdapat di dalam bangunan.

Ruang luar	Ruang yang terdapat di luar bangunan.
Ventilasi	Sistem sirkulasi udara di dalam bangunan yang berperan memasukkan dan mengeluarkan udara.
View	Pemandangan di dalam dan di luar bangunan.
Visual	Sesuatu yang dapat dilihat dengan indera penglihatan.
Vitamin D	Merupakan vitamin yang berperan dalam pembentukan tulang dan gigi.
Volume ruang	Isi atau besaran sebuah ruang.

Daftar Pustaka

Ander, G., 2003, *Daylighting Performance and Design,* John Wiley & Sons, Inc., New Jersey.

Baker, N., Fanchotti, A., Steemers. K., 1993, "Daylighting in Architecture: a European reference book", James & James (Science Publishers) Ltd.

Bell, J., Bourt, W., 1995, *Designing Building for Daylight,* Construction Research Communication, Ltd., Herts.

Boubekri, M., 2008, *Daylighting, Architecture and Health*, Architectural Press.

Daylighting and Window Design, Lighting Guide, LG 10, 1999, CIBSE, London.

Egan, M. David, 1983, *Concept in Architectural Lighting*, McGraw-Hill Book Campany.

IES Lighting Handbook, 1987, Illuminating Engineering Society of North America.

Lam, William M.C, 1977, *Perception and Lighting as Formgivers for Architecture*, McGraw-Hill Book Company, New York.

Lechner, Norbert, 2007, *Heating, Cooling, Lighting: Metode Desain untuk Arsitektur*, PT Raja Grafindo Persada, Jakarta.

Littlefair, P.J., 1991, *Site Layout Planning for Daylight and Sunlight: A Guide to Good Practice*, Construction Research Communications. Ltd., Herts.

Littlefair, P.J., 1996, *Designing With Innovative Daylighting*, Construction Research Communications. Ltd., London.

Manguwijaya, 2000, *Pengantar Fisika Bangunan,* Penerbit Djambatan, Jakarta.

Manurung, Parmonangan, 2002, *Faktor-faktor Penentu Sistem Pencahayaan Fasade Bangunan pada Kawasan,* Laporan Tesis S-2 Megister Desain Kawasan Binaan UGM, Yogyakarta.

Manurung, Parmonangan, 2007, *Persepsi Visual dalam Desain Pencahayaan Arsitektural",* Proceeding International Conference, Universitas Islam Indonesia.

Manurung, Parmonangan, 2008, *Kualitas Pencahayaan pada Bangunan Bersejarah,* Jurnal Teknik Arsitektur DIMENSI, Universitas Kristen Petra, Surabaya.

Phillips, D., 2004, *Daylighting: Natural Light in Architecture,* Architectural Press, Burlington.

Satwiko, Prasasto, 2004, *Fisika Bangunan 2,* Penerbit Andi, Yogyakarta.

Smith, N.A., 2000, *Lighting for Health and Safety,* Butterworth-Heinemann, Woburn.

Steffy, Gary, 2002, *Architectural Lighting Design,* John Wiley and Sons. Inc, New York.

Thomas, R., Fordham, M., 2001, *Photovoltaics and Architecture,* Spon Press, London.

Indeks

Tentang Penulis

Parmonangan Manurung lahir di Palangkaraya pada tanggal 23 Januari 1975. Menyelesaikan program sarjana di Jurusan Teknik Arsitektur Universitas Kristen Duta Wacana Yogyakarta, kemudian melanjutkan studi di Program Pasca Sarjana Jurusan Teknik Arsitektur Universitas Gadjah Mada pada tahun 2001 dan meraih gelar Master Teknik pada tahun 2002 dengan predikat *cum laude* dengan IPK 4.00, dengan tesis mengenai Pencahayaan Kawasan.

Saat ini menjadi pengajar tetap Jurusan Teknik Arsitektur Universitas Kristen Duta Wacana Yogyakarta dan mengampu mata kuliah Desain Pencahayaan Arsitektural.

Pada tahun 2005 mengikuti Master Class di Berlage Institute Rotterdam, pada tahun 2011 mengikuti pelatihan selama empat bulan di Hong Kong, serta memiliki kesempatan mengamati berbagai karya arsitektur di Eropa dan Asia yang memiliki pendekatan desain pencahayaan yang baik, baik pencahayaan buatan maupun pencahayaan alami.

Ketertarikan terhadap Desain Pencahayaan dan Arsitektur kerap dituangkan ke dalam tulisan yang dimuat di beberapa media masa nasional, baik koran, tabloid, majalah arsitektur dan buku. Selain itu, beberapa tulisan ilmiah dan hasil penelitian tentang Desain Pencahayaan (alami dan artifisial), baik secara kuantitas maupun kualitas telah diterbitkan melalui jurnal ilmiah dan prosiding seminar.

Berbekal pengalaman ruang dan visual di beberapa kota di Eropa dan Asia, serta beberapa hasil penelitian dan pengalaman praksis, penulis berupaya menulis buku *Pencahayaan Alami dalam Arsitektur* yang diharapkan mampu memberikan pemahaman mengenai pencahayaan alami dan aplikasinya pada bangunan, bagi siapa pun yang membutuhkannya.